

富士電機技報

FUJI ELECTRIC JOURNAL

2018
Vol.91 No.



特集 IoT から始まる新しい価値創出ソリューション



特集 IoT から始まる新しい価値創出ソリューション

IoTの本質は、あらゆるものをインターネットに接続し、そこから収集したデータから新しい価値を生み出すことにあります。現在では、品質改善、生産効率向上、働き方改革などの社会課題解決のためのキーテクノロジーとしてさまざまなソリューションが発表され、今後ますます活用が広がるものと期待されています。

富士電機では以前から、エネルギー運用の最適化、操業・設備運用の最適化などに貢献するソリューションを提供してきましたが、IoTの実用化に伴い、より高度な顧客価値創出への取組みを加速しています。

本特集では、IoTを活用した新しい価値創出ソリューションを紹介するとともに、そのソリューションを効率よく実装するためのIoTプラットフォーム、ならびに解析・予測・最適化を担うアナリティクス・AIについて紹介します。

表紙写真

カタログ「富士電機のシステムソリューション」より



目次

特集 IoT から始まる新しい価値創出ソリューション

〔特集に寄せて〕全てが繋がる時代に 123 (3)
加納 学

〔現状と展望〕IoT から始まる新しい価値創出ソリューションの現状と展望 124 (4)
保川 幸雄 ・ 安川 和行 ・ 福住 光記

価値創出ソリューション

国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善
—アナリティクス・AI を活用した EMS アドオン機能— 130 (10)
亀田 尚登 ・ 鈴木 聡 ・ 松本 晴幸

発電設備のエネルギー最適化パッケージ「EMS-Package LITE」 135 (15)
鳴海 克則 ・ 丹下 吉雄 ・ 佐名木 健太

「OnePackEdge システム」によるデータ価値の創出 139 (19)
星野 淳 ・ 藤川 泰孝 ・ 豊田 謙郎

IoT を活用したものづくり改革 143 (23)
大野 勝史 ・ 山田 隆典 ・ 成瀬 光洋

自動販売機を活用した新しい情報サービスソリューション 148 (28)
高松 英治 ・ 守田 昌弘 ・ 徳増 匠

店舗作業の省力化に貢献するスマートショーケース 153 (33)
松井 敦 ・ 古井 達也 ・ 田中 良和

価値創出を支える IoT プラットフォーム

富士電機 IoT プラットフォームの全体像 157 (37)
山田 隆雄 ・ 福住 光記

汎用クラウドサービスを利用したサーバシステム 161 (41)
宮崎 剛 ・ 喜多村 卓 ・ 竹内 修

現場機器とサイバー空間との接続を実現するエッジコントローラ 165 (45)
植田 基之 ・ 佐藤 好邦 ・ 門崎 東洋史

価値創出のコアとなるアナリティクス・AI 169 (49)
飯坂 達也 ・ 大頭 威 ・ 松井 哲郎

IoT システムのセキュリティ 175 (55)
梅崎 一也

解説

ニューラルネットワーク、ディープラーニング 179 (59)

新製品紹介論文

間接外気活用省エネルギーハイブリッド空調機
「F-COOL NEO」(冷房能力 56 kW) 180 (60)

操作性と視認性を追求したプログラマブル表示器
「MONITOUCH TS1000 Smart シリーズ」 183 (63)

略語・商標 186 (66)

New Value-Creating Solutions Starting From IoT

[Preface] In an Era When Everything is Connected	123 (3)
KANO, Manabu	

New Value-Creating Solutions Starting From IoT: Current Status and Future Outlook	124 (4)
--	---------

YASUKAWA, Yukio YASUKAWA, Kazuyuki FUKUZUMI, Mitsunori

Value-Creating Solutions

Improvement of Energy Efficiency According to International Standards—EMS Add-On Functions Using Data Analytics	130 (10)
--	----------

TATTA, Naoto SUZUKI, Satoshi MATSUMOTO, Haruyuki

“EMS-Package LITE” Energy Optimization Package for Power Generation Facilities	135 (15)
---	----------

NARUMI, Katsunori TANGE, Yoshio SANAGI, Kenta

Creating Value in Data with “OnePackEdge System”	139 (19)
---	----------

HOSHINO, Jun FUJIKAWA, Yasutaka TOYODA, Kenro

Manufacturing Reform Utilizing IoT Technology	143 (23)
--	----------

ONO, Masabumi YAMADA, Takanori NARUSE, Mitsuhiko

New Information Service Solutions Utilizing Vending Machines	148 (28)
---	----------

TAKAMATSU, Eiji MORITA, Masahiro TOKUMASU, Takumi

Smart Showcase That Contributes to Labor-Saving of Store Work	153 (33)
--	----------

MATSUI, Atsushi FURUI, Tatsuya TANAKA, Yoshikazu

IoT Platform Supporting Value Creation

Overview of Fuji Electric IoT Platform	157 (37)
---	----------

YAMADA, Takao FUKUZUMI, Mitsunori

Server Systems Utilizing General-Purpose Cloud Service	161 (41)
---	----------

MIYAZAKI, Tsuyoshi KITAMURA, Takashi TAKEUCHI, Osamu

Edge Controller Connecting Field Devices and Cyberspace	165 (45)
--	----------

UEDA, Motoyuki SATO, Yoshikuni KADOSAKI, Toyofumi

Analytics AI as Core of Value Creation	169 (49)
---	----------

IIZAKA, Tatsuya DAITO, Takeshi MATSUI, Tetsuro

IoT System Security	175 (55)
----------------------------	----------

UMEZAKI, Kazuya

Supplemental Explanation

Neural Network, Deep Learning	179 (59)
--------------------------------------	----------

New Products

“F-COOL NEO” Energy-Saving Hybrid Air-Conditioning Unit Indirectly Using Outside Air (Cooling Capacity 56 kW)	180 (60)
--	----------

“MONITOUCH TS1000 Smart Series” Programmable Operator Interface, Pursuing Usability and Visibility	183 (63)
---	----------

Abbreviations and Trademarks	186 (66)
-------------------------------------	----------

特集に寄せて

全てが繋がる時代に

In an Era When Everything is Connected

加納 学 KANO, Manabu

京都大学 大学院情報学研究科システム科学専攻 教授 博士 (工学)



インターネットという言葉で思い出すのは、自分の大学院生時代である。1990年代前半、まだ電子メールもワールド・ワイド・ウェブ（WWW）も世間に知られておらず、大学内でも知る人が少なかった頃、先輩と一緒にイエローケーブル（10BASE5）を校舎内に張り巡らし、研究室のワークステーションを接続し、NCSA MOSAIC（イリノイ大学で開発されたウェブブラウザ）で少数のウェブサイトを開覧した。高価なワークステーション以外、ほとんど何もインターネットに繋（つな）がっていなかった時代である。デジタルネイティブ世代からすると途方もなく不便に思えるかもしれない。確かに、国際会議の論文原稿が世界中から航空便で届き、それを手作業で整理するのだから大変だった。それでも、海外出張に行けば日本から仕事依頼が追いかけてくることのなかった、のどかな時代である。

それから20年以上が過ぎ、インターネットにさまざまなモノが繋がるようになった。ただ繋がるだけでなく、クラウドを利用してビッグデータを解析できるようになった。このような仕組みは Internet of Things (IoT) と呼ばれ、社会変革を起こす技術として、またビジネスチャンスとして注目されている。ガートナー社が公開した新興技術のハイプサイクル（2018年版）では、IoTプラットフォームが過度な期待のピーク期を超え、普及段階に進みつつあることが読み取れる。

昨今人気のスマートウォッチは、身近なIoTの好例といえる。搭載された加速度センサ、ジャイロセンサ、脈拍センサ、GPSなどでさまざまなデータを収集し、そのデータを解析することで、適切な運動などについて助言してくれる。さらに最近、マイクロチップ・インプラントについて見聞きする機会が増えた。大胆に推進しているのはスウェーデン（人口約一千万人）で、既に数千人がマイクロチップを体内に埋め込んでいるとされる。2017年には、体内に埋め込んだマイクロチップで乗車できるシステムをスウェーデン鉄道が導入した。スマートウォッチのようなウェアラブル型デバイスに比べて、インプラント型デバイスで計測できる生体情報の精度は高く、ICカードを

まとめて体内に置いておけるにとどまらず、自分の健康状態を知るためのセンサとして高い価値があると思われる。ヒトの情報がネットワークに繋がると、Internet of Humans (IoH)、すなわちヒトのインターネットとなる。セキュリティや倫理の観点から課題があるものの、ヒトの好奇心に支えられて、技術は着実に進歩している。モノだけでなくヒトも、そして何もかもが繋がる Internet of Everything (IoE) の時代が到来しようとしている。これまでにないサービスが次々に登場し、私たちの生活は大きく変わっていくだろう。イエローケーブルを引き回した私には、隔世の感がある。

ワクワクする状況ではあるが、日本の製造や医療の現場に目を向けると、この大きな波をうまく捉えられないのではないかという危惧もある。例えば、製造現場の防爆規制がIoTデバイスの導入の妨げになっていると聞く。スマート化を進めよとの旗が振られても、日本特有の規制で身動きが取れない現実がある。技術的な課題に加えて、このような課題に対しても迅速かつ賢明な対応が望まれる。

ありとあらゆるモノやヒトから吸い上げたデータも、巨大なデータセンターに眠らせておいては何の役にも立たない。データから有用な情報を引き出し、適切な行動を促す仕組みを構築しなければならない。重回帰分析ですら人工知能と呼びそうな昨今の風潮には頭を抱えたくもなるが、深層学習を含む機械学習の発展は目覚ましく、難解なデータ解析も計算機がこなしてくれる。しかし、便利な道具も使いこなせるヒトがいてこそ価値を発揮できる。つい最近までデータ解析に冷淡であった組織の方針転換は容易でないだろう。人材の育成も大きな課題である。

Analytics of Everything (AoE) を指向する世界にあって、まだ計算機に任せられないことがある。それは、目指すべき姿を定めることである。モノやヒトがネットワークに接続された世界で、私たちは社会をどのようにしたいのか、その社会の実現に向けて私たちは何をなすべきなのか。変革期だからこそ、視野を広げ、局所最適解に陥らずに、創出すべき価値とは何かを考え、その価値を社会に提供する決意と行動がヒトには求められよう。

IoT から始まる新しい価値創出 ソリューションの現状と展望

New Value-Creating Solutions Starting From IoT:
Current Status and Future Outlook

保川 幸雄 YASUKAWA, Yukio

安川 和行 YASUKAWA, Kazuyuki

福住 光記 FUKUZUMI, Mitsunori

① まえがき

(*) IoT (Internet of Things) の一般的な意味は、あらゆるモノがインターネットに接続され、データが共有され可視化されることである。その本質は、収集したデータから新しい顧客価値を生み出し、これをもって社会に貢献することにある。現在では品質改善や効率化だけでなく、働き方改革などの社会課題に対する解決のキーテクノロジーとして種々のソリューションが発表され、今後ますます活用が広がると期待されている。

富士電機は、エネルギーと環境技術の革新を継続し、強いコンポーネントと高度な制御技術を駆使して、40年以上にわたって、電力の安定化・最適化、工場の生産性向上・省エネルギー(省エネ)、クリーンエネルギーの供給、食の安全・安心、などに貢献するソリューションを提供してきた。今日では、IoTの実用化による、より高度な顧客価値創出への取組みを加速している。

本稿では、このようなIoTを活用した富士電機の新しい価値創出ソリューションへの取組みの現状と展望について述べる。

② IoTを活用した顧客価値創出技術の世界動向

世界規模でのIoTおよびそれを活用した価値創出に関する検討が活発に行われている。

本章ではこの中で、ドイツ、米国、日本における動向について述べる。

2.1 ドイツ

ドイツで2013年以降取り組まれているIndustrie4.0に関しては、コンセプトの適用先の模索

からそれによる価値創造へ、さらには他分野との協力や連携による価値向上へと、価値創出の観点では拡張方向に変化しており、コンセプトの成熟、普及は着々と進んでいる。

また、協力や連携という観点でいうと、ドイツ国内だけでなく、米国や中国などの連携も進んでいる。日本とも2015年3月に協力を行うことで合意し、その後、共同文書を発行するなど具体的な活動につながってきている。

なお、標準化技術に関する検討も進められている。情報モデル、OPC-UA、AutomationMLなどに代表される既存かつ特定の標準化技術の活用提案が着々と進んでいる点も注目に値する。

2.2 米国

2014年に民間主導で設立されたIIC(Industrial Internet Consortium)は、着々と会員数を増やし、富士電機をはじめ日本企業を含めた260社以上が参画している。

IICにおける主な二つの活動とその状況は次のとおりである。

(1) 技術・セキュリティのアーキテクチャ検討

会員外にも公開しているリファレンスアーキテクチャに関する議論を継続している。それ自身の成熟が進むとともに周辺の詳細技術の整理も進んでいる。中でもセキュリティに関する議論が活発化しており、他団体からも検討状況が注視されている。

(2) フィールド検証(テストベッド)

IICメンバーを中心としたエコシステムの形成およびアーキテクチャやコンセプトの実証や検証を行う。80社以上が参加し、活発にテストベッドの提案が行われ、2018年5月時点で29件が提案・承認されている。中には、上水道の運用効率化や改善を狙った

(*) IoT

Internet of Thingsの略である。狭義には、あらゆるモノ(物)がインターネットに接続され、相互に情報交換を行う仕組みを指すが、現在はその仕組みにより実現される、新たな価値を生み出すサービス全体を

含む意味で用いられる。情報通信技術の革新に伴い、インターネット接続やデータの流通・管理が安価に実現されるようになったことから出てきたコンセプトである。

(*) 顧客価値

製品やサービス、人財、イメージに対して顧客が適正と認める価値を指す。

“Intelligent Urban Water Supply” テストベッドのように、実証対象が製品化され、多数の事業者で実際に導入検証が行われるなど、単純な実証検証の枠を超えた取組みになっているものもある。また、2018年5月時点で Industrie4.0 に参加する 38 団体とリエゾン締結が完了するなど、他団体とのつながりが拡大している。

2.3 日本

日本では、2017年3月に経済産業省が目指すべき産業のあり方として、Connected Industries のコンセプトを提唱した。本コンセプトの具体化に向け、各団体による活動が継続しており、ロボット革命イニシアティブ協議会や、一般社団法人 インダストリアル・バリューチェーン・イニシアティブのように活動成果を公表する団体も現れている。

また、日本の強みである現場系での実績や経験を生かすために、インターネットや LAN を経由せずに、装置や機械の近くで高速に価値を創出する“エッジコンピューティング”の検討も進められている。2017年以降は、“フィールドシステム”“Edgecross コンソーシアム”といったエコシステムが形成されている。

③ 富士電機の IoT と顧客価値創出への取組み

3.1 富士電機における IoT の位置付け

富士電機は、パワー半導体、センサをキーデバイス

と位置付け、これらを活用した高性能・高機能なコンポーネントをラインアップしている。さらに、これらコンポーネント群とエンジニアリング技術、サービス技術、高度な最適制御技術および各種ソリューション技術によって、発電、エネルギーソリューション、インダストリーソリューション、食品流通などの分野を通じて、安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献している。富士電機は、顧客フィールドのあらゆる情報をデジタル化し、サイバー空間で新しい顧客価値を創出するフレームワークである IoT システムを、図 1 に示すようにシステムソリューションの中核に位置付けている。

3.2 顧客価値と創出技術

富士電機では主に、個々の製造業における顧客価値を四つに分類し、エネルギー利用の最適化、設備運用の最適化、操業の最適化、人財活用の最適化としている（図 2）。

これらの価値を創出するための技術をアナリティクス・AI と呼び、認識技術、診断技術、予測技術、最適化技術の四つの技術から構成している。富士電機では、フィールドデータの収集から、アナリティクス・AI を用いた顧客価値創出までをワンストップで提供しており、垂直統合型のサービスと呼んでいる。

さらには、異なる業種の企業がおのおのの強みを連携させるエコシステムも、新しい価値を生み出す。

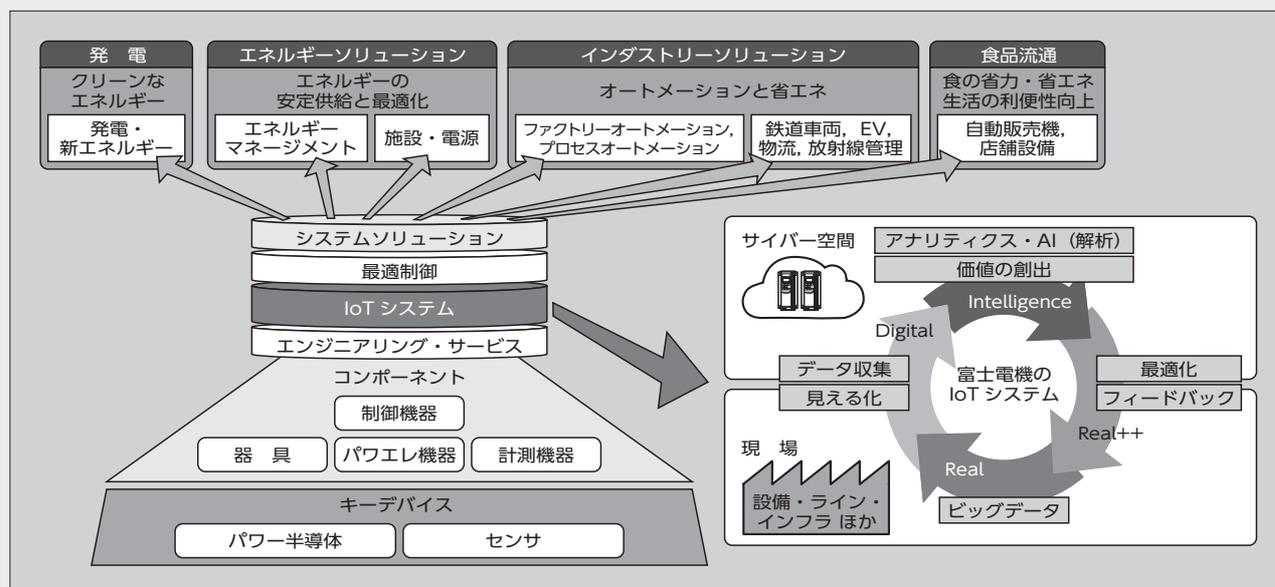


図 1 富士電機のシステムソリューションと IoT の位置付け

(*3) エコシステム

本来は、生物学における“生態系”を意味する言葉である。転じて経営・IT 分野では、複数の企業が商品

開発や事業活動などでパートナーシップを組み、互いの技術や資本を生かしながら、開発業者・代理店・販売店・宣伝媒体、さらには消費者や社会を巻き込み、

業界の枠や国境を超えて広く共存共栄していく仕組みをいう。

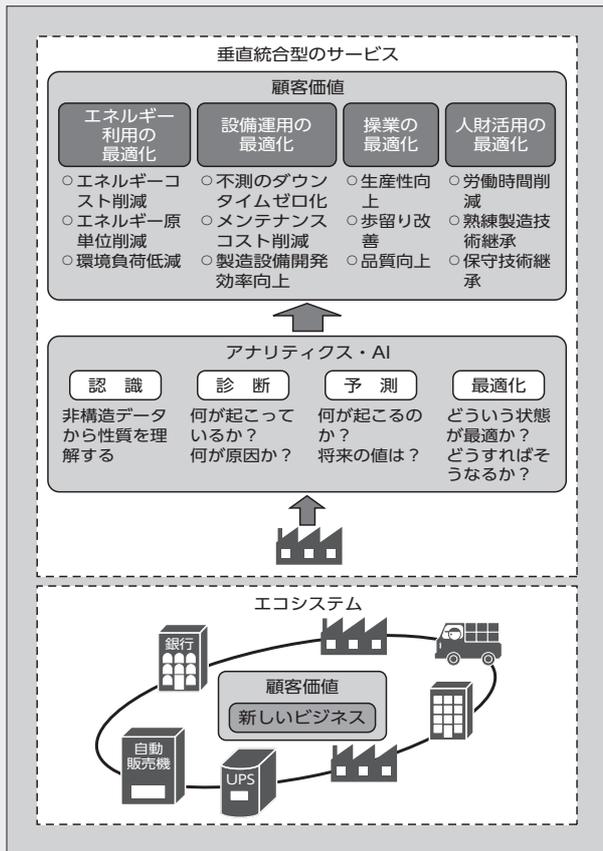


図2 顧客価値と創出技術

3.3 顧客価値創出ソリューション

3.2節で述べた顧客価値を創出するソリューションの開発事例を紹介する。

(1) エネルギー最適化ソリューション

地球温暖化対策としてのCO₂排出量を削減するために、世界的なエネルギーの規制や規格の強化が進んでいる。その中で、企業のエネルギー運用効率の目標値はますます厳しいものになっている。高い目標を達成するためには、統一された管理手法の下で、企業が一体となって取り組む必要がある。エネルギーマネジメントの国際規格ISO 50006は、エネルギー管理の対象とする建屋、装置ごとにエネルギー管理ユニット(EMU)を定義し、EMUごとにエネルギー消費原単位^(※4)や運用効率などのエネルギーパフォーマンス指標^(※5)(EnPI)を定義することで、さまざまなエネルギー効率化管理(エネルギー消費原単位削減、エネルギー変換効率改善など)を、統一された手法で行うことを定

めている。富士電機は、本規格に準拠したエネルギーマネジメントシステムを開発した。エネルギー消費原単位の悪化の期間、目標との乖離(かいり)度合いなどを監視できるほか、従来、熟練技術者に依存していたエネルギーロス要因解析を、実績データとアナリティクス・AIで自動診断する(130ページ“国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善——アナリティクス・AIを活用したEMSアドオン機能——”参照)。

製鉄所で使用されるエネルギーは、購入エネルギーと、生産によって生じる副生エネルギーに分類される。生産状況に応じて、これらエネルギーの需要と供給をバランスさせ、無駄なエネルギーを削減することが、製鉄所のエネルギー管理で最も重要な課題である。この課題を解決するため、海外製鉄所向けに、低コストで導入・運用が可能な発電設備のエネルギー最適化パッケージ「EMS-Package LITE」を開発した。本システムでは、従来、専門家による数か月にわたる試行錯誤が必要だった需要予測モデルやプラントモデルの作成を自動化した。顧客のエネルギー管理オペレータは、所定のフォーマットのExcelシートに、製鉄所の発電設備情報(ボイラ・タービン台数、設備特性情報など)や、過去の運用実績データを入力する。このExcelシートをシステムにアップロードすると、アナリティクス・AIが、改善目的別に六つのモデル(購入電力コスト、受電コスト、放熱量、ボイラの燃料配分、タービンの蒸気配分、タービンの抽気配分)を自動生成し、改善余地を視覚化してモニタに表示する。さらに、改善するために必要な、発電設備の最適運用計画を自動生成する。発電設備のオペレータはこの計画に沿って最適運用を行うことで、エネルギー運用効率の目標値を達成することができる(135ページ“発電設備のエネルギー最適化パッケージ「EMS-Package LITE」”参照)。

(2) 労働時間削減ソリューション

国内のコンビニエンスストアでは、少子高齢化に伴う人手不足や人件費高騰が進んでいる。社会インフラとしての性格が強く多様なサービスを担っているため、海外のように直ちに無人化することはできないものの、現行作業の改善による省力化が求められている。富士電機は、将来の無人化店舗を想定しながら、売り場を省力化するスマートショーケースの要素技術を開発している。コンビニエンスストアでは、一般におむすび

(※4) エネルギー消費原単位

単量品の製品を生産するために必要な電力、ガス、油などのエネルギー消費量の総量のことである。エネルギー効率を表すので、省エネの進捗状況を見る指標として使用されている。

(※5) エネルギーパフォーマンス指標(EnPI)

エネルギー使用量やエネルギーの使途(用途)、エネルギー効率に関連する測定可能な結果を総称して、エネルギーパフォーマンス(エネルギー性能)と呼ぶ。具体的には、エネルギー使用量、ピーク電力、用途別

エネルギー消費量、各種のエネルギー効率などである。これらについて、組織が定めた定量的な値(または尺度)をエネルギーパフォーマンス指標(EnPI: Energy Performance Indicator)と呼ぶ。エネルギー性能を計測する物差しに相当し、組織の判断で目的ごとにくつつでも使用できる。

やサンドイッチ、弁当などの商品が縦列に並んで陳列される。このように陳列された商品の状態を常時監視し、先頭商品が購入されてなくなったときの商品前出しや補充作業、鮮度チェック作業など、店員の作業量は多い。スマートショーケースは、これらの作業の省力化のため陳列商品の名称、個数、状態を自動検出する。カメラを用いた画像認識技術による商品の識別技術と、棚面にマトリックス状に配置された、投影型静電容量方式のタッチパネルからなるパネルセンサを使った商品位置認識技術から構成される。特に、パネルセンサで検出した商品の底面形状から、個数や位置を認識する。おむすびやサンドイッチなどのように底面形状に個体差があるものは、アナリティクス・AI でノイズ成分を除去して認識精度を高めている（153 ページ“店舗作業の省力化に貢献するスマートショーケース”参照）。

(3) エコシステムソリューション

富士電機は、大型ディスプレイで商品画像などを表示するデジタルサイネージ自動販売機をラインアップしている。本デジタルサイネージ自動販売機は、販売する商品や背景などの画像情報をインターネット経由でダウンロードする仕組みを備えており、建屋内や街頭に設置された画像表示端末とみなせば、さまざまなビジネスに応用できる。そこで、広告配信機能を開発し、広告配信ビジネスとしての可能性を実証した。本ビジネスは、デジタルサイネージ自動販売機と広告配信システムを提供する富士電機、広告代理店、広告主、自動販売機オペレータ、ロケーションオーナー（鉄道会社、スーパーマーケット、病院など）、および消費者から構成されるエコシステムである。デジタルサイネージ自動販売機にカメラを搭載し、単に広告を配信表示するだけでなく、消費者の人数、年齢、性別、視線、時刻などの市場情報を収集する機能を設けた。実証試験の結果、これらの市場情報は、広告代理店にとっては、広告対象者の反応が推定できるので広告主を募る際に有効であることが分かった。また、自動販売機オペレータにとっては、データに基づいた売れ行き予測、ロケーションごとの適切な商品配置計画に有効であることが分かった。自動販売機を核にしたエコシステムで、新しい価値が創出されている（148 ページ“自動販売機を活用した新しい情報サービスソリューション”参照）。

(4) ものづくりソリューション

富士電機は、自社のものづくりにおいてデジタル化や IoT システムの活用により品質向上と原価低減に取り組んでいる（143 ページ“IoT を活用したものづくり改革”参照）。

(a) 生産準備のデジタル化

製品設計情報をデジタル化することで、3D-CAD

などのシミュレーションが可能となる。この結果、実機検証が前提であった、工程設計における製造性検証、生産ラインの最適レイアウト設計、ならびに自動化設備のソフトウェア検証などが、コンピュータでシミュレーションを行うことができるようになり、製造ライン立ち上げ期間が大きく短縮される。

(b) アナリティクス・AI による品質向上・省人化

半導体センサの製造工程においては、過去の製造実績データをアナリティクス・AI による診断機能を使って分析することで、歩留り不良原因を特定することができた。プレス工程においては、同じく診断機能でプレス機の諸データを常時監視し、不良発生（かす上がり）の予兆を検出することで、品質改善とともに監視要員の削減を図っていく。

(c) 熟練技術の継承

溶接作業は熟練技術者の高い技能に依存することが多い。そこで、各種センシング技術で溶接作業の出来栄をデジタル化し、技能教育に役立てている。また、画像認識も加えたセンシング技術で、難易度の高い溶接作業のロボットを開発し、品質の向上に取り組んでいる。

(5) IoT プラットフォーム

IoT システムをさまざまなソリューションに適用していくためには、フィールドからのデータ収集技術、データの分析・解析技術、ならびにデータを安全に扱うための高度なセキュリティ技術などを集約した技術基盤が不可欠である。このような技術基盤として、IoT プラットフォームを開発した。図 3 にその範囲と構造を破線で示す。オープンソースサービスなどのオープン技術と富士電機独自の技術を組み合わせ、開発期間の短縮、アプリケーションのポータビリティ、および差別化を実現した（157 ページ“富士電機 IoT プラットフォームの全体像”参照）。

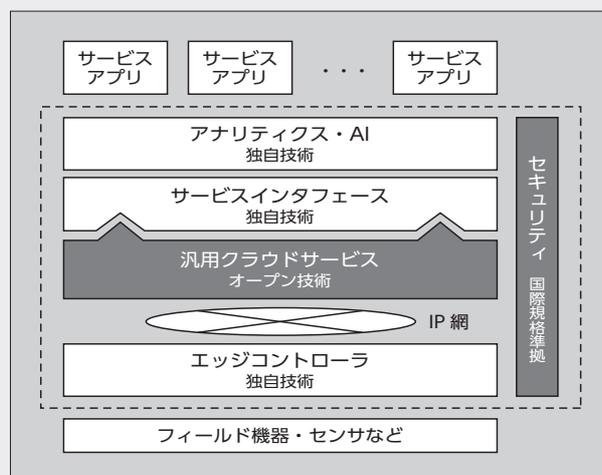


図 3 IoT プラットフォームの構造

4 今後の展望

4.1 アナリティクス・AIの技術拡充

機械学習をベースにした解析・推論技術は、データの質・量と解析結果の根拠を軸に、図4のように分類できる。特に産業用途では、安全性や信頼性の面から、データの質と推論根拠の明示が重要視されている。富士電機は以前からこの領域にフォーカスしており、今後も特徴ある技術開発、ならびに専門のデータサイエンティストでなくても実用可能なツール開発を継続していく。

4.2 フィールド側での価値創出

エッジコントローラの一般的な目的は、フィールド機器などをセキュアにサイバー空間に接続することである。さらには、IP網のトラフィックの軽減のために、収集データを一次加工したり画像データと同期させたりするなど、コンテキストデータ化と呼ばれるフィールド側でのデータ価値を高めることも要求される。富士電機は、「OnePackEdge（ワンパッケージ）システム」を開発し、要求に応じている（139ページ「OnePackEdgeシステム」によるデータ価値の創出参照）。産業や発電分野では、診断や分析などの価値創出にミリ秒単位のレスポンス性能が求められる場合が多い。これらの要求には、IP網・サイバー空間経由では応えられない。そこで、OnePackEdgeシステムにアナリティクス・AIを搭載するなど、フィールド側での価値創出の要求に応じていく。

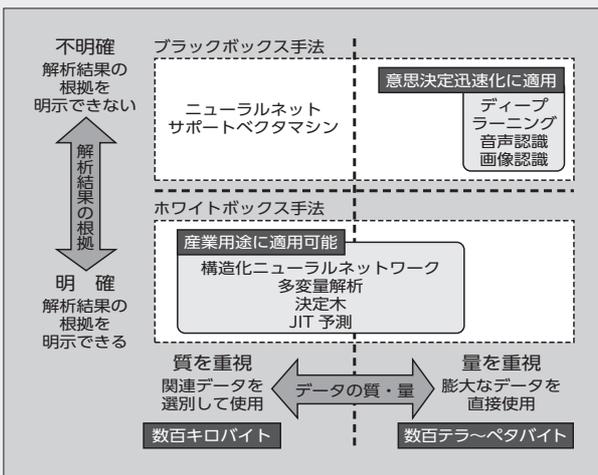


図4 機械学習の分類

4.3 IoTの先にあるもの

モノをサイバー空間につなげるIoT技術は、今後、モノ同士が自律的につながる形に進化していく。モノの定義は、人財や業務などのアクティビティを包含し、サービスに拡張される。サービス同士が（*6）つながるためには、経路としてのネットワーク、ネットワークとのインタフェース（OPC-UAなど）、サービス同士の共通言語としての情報モデル、さらにはその記述法（AutomationMLなど）が共通化される必要がある。既にIECとISOは連携してSmart Manufacturingに関する標準化作業を進めている。サービス同士のインタフェースが標準化されると、例えば、製造業者が受注に応じて、最適な他社の製造設備を随時選択し製造委託することが現実になる。同時に、さまざまなサービスを企業間でシェアすることが現実になる。これは、今必要なイノベーションを外部から調達し、自社システムに容易に組み込むことが現実になることを意味する。

IoTの先には、オープンイノベーションがある。

5 あとがき

世界レベルで具体化が進んでいるIoTによる価値創出を俯瞰（ふかん）しながら、富士電機の新しい価値創出ソリューション、およびその技術面について現状と展望を述べた。

今後とも、世界の標準化動向を注視しながら、富士電機独自の技術開発にも注力し、顧客価値の創出に努めていく所存である。

参考文献

- 近藤史郎, 福住光記. IoT新時代の計測・制御ソリューションの現状と展望. 富士電機技報. 2016, vol.89, no.3, p.138-145.
- "Current Standards Landscape for Smart Manufacturing Systems". National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce. <https://dx.doi.org/10.6028/NIST.IR.8107>, (accessed 2018-07-20).
- 小田信二. Smart Manufacturingの国際標準化活動に見る技術動向. 計測と制御. 2018, 第57巻, 第1号, p.19-23.
- "PLATFORM INDUSTRIE4.0 working paper

(*6) サービス

さまざまな業務アプリケーションまたはその機能の一部をコンポーネント化し、これらに必要なに応じて選択、結合して新たなアプリケーションシステムを設

計する手法を、サービス指向アーキテクチャ（SOA：Service Oriented Architecture）と呼ぶ。このコンポーネント化した単位をサービスと呼ぶ。オブジェクト指向におけるオブジェクトの概念を包含するが、

サービスをネットワーク上で連携できるなど、オブジェクトに比べて、より疎結合な点が特徴である。

Aspects of Research Roadmap in Application Scenarios". Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi). https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/aspects-of-the-research-roadmap.pdf?__blob=publicationFile&v=10, (accessed 2018-07-20).

- (5) “平成28年度製造基盤技術実態等調査（第4次産業革命における「知」のシステム化対応の実態調査）報告書”. 特定非営利活動法人横断型基幹科学技術研究団体連合. http://www.trafst.jp/archive/IRsys_Report_20170331.pdf, (参照 2018-07-20).



保川 幸雄

IoT システム，研究開発のデジタル化推進および富士電機のイノベーション創出活動全般に従事。現在，富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センター長。



安川 和行

IoT プラットフォーム構築，IoT 活用ビジネス開拓推進に従事。現在，富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センターIoT プロジェクト室長。



福住 光記

制御システムの開発・企画に従事。現在，富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センターIoT プロジェクト室主幹。



国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善 —アナリティクス・AI を活用した EMS アドオン機能—

Improvement of Energy Efficiency According to International Standards—EMS Add-On Functions Using Data Analytics

竜田 尚登 TATTA, Naoto

鈴木 聡 SUZUKI, Satoshi

松本 晴幸 MATSUMOTO, Haruyuki

世界的な規制や規格が強化される中、日本企業を取り巻くエネルギー環境は、さらなるエネルギー運用効率の改善が求められている。富士電機は、現状の運用課題を整理し、その課題を解決するために、国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善に寄与するアナリティクス・AI を活用したエネルギーマネジメントシステムの新機能を開発した。本機能により、省エネルギー活動の維持管理活動を推進するための SDCA サイクルの運用環境が構築できるとともに、PDCA サイクルにおいてスピードアップした改善・革新活動・方針管理が可能となる。

As international regulations and standards become increasingly stringent, Japanese companies are being compelled to enhance energy efficiency by the environment situation surrounding them. Fuji Electric has reviewed current operating and developed new features for our energy management system, leveraging data analytics to improve energy efficiency in compliance with international standards. These features will facilitate the development of the framework of the SDCA cycle to maintain and manage energy-saving activities and will in turn speed up improvement, innovating activity and policy management through the PDCA cycle.

① まえがき

2015年12月の「パリ協定」(COP21)の下で、日本は国際公約として、2030年までに温室効果ガスの排出を2013年度比で26%削減することに合意した。この高いハードルを越えるため、2016年4月に経済産業省はエネルギー革新戦略を決定した。その中で“徹底した省エネルギー(省エネ)”を一つの柱とし、2030年度までに石油危機後並みの35%エネルギー効率の改善を目標に掲げた。

また、新興国のエネルギー使用の増大を背景に世界のエネルギー需要は増加し、エネルギーコストは中長期的に上昇し続けることが予想されている。このような世界的状況に対応するため、エネルギーマネジメントシステム(EMS: Energy Management System)の国際規格ISO 50001が発行され、ドイツ、米国、中国をはじめとする海外企業が積極的に導入している。

世界的な規制や規格が強化される中、設備単位での省エネ対策に加えて、エネルギー需要に合わせた設備のよりきめ細かな効率的運用が近年求められている。企業におけるエネルギー効率の改善は、部門ごとや局所的な対策ではもはや限界である。企業の経営課題と位置付け、日常的かつ継続的に改善を進めるためのエネルギーマネジメント基盤の整備が必要である。

本稿では、現行のEMSおよび省エネ分析アプローチからのエネルギー効率改善に焦点を当て、現状の運用課題を整理する。そして、これらの課題を解決するために国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善に寄与するアナリティクス・AIを活用したEMSの新機能について述べる。

② 現行のエネルギー分析管理システムにおける課題

富士電機では、効率的なエネルギー分析を実現するために製造実績分析支援パッケージ「MainGATE/PPA」(図1)を用いたエネルギー分析管理システムを提供している。

本パッケージは、エネルギー計測データだけでなく、ユーティリティ設備や生産設備の稼働情報、生産出来高などの製造情報を有機的に結合して、工場のエネルギーの分析や管理(FEMS: Factory Energy Management System)を行うことができる。また、事務所やオフィスのエネルギー管理(BEMS: Building and Energy Management System)についても、熱源、搬送動力、照明・コンセントおよび空調やその他の動力に対しても、長年のEMSの構築経験から得た知見を基にしたエネルギー分析テンプレートを活用することで、容易に構築することができる。

また、富士電機は、次の三つの領域ごとにEMSパッ



図1 「MainGATE/PPA」の分析表示例

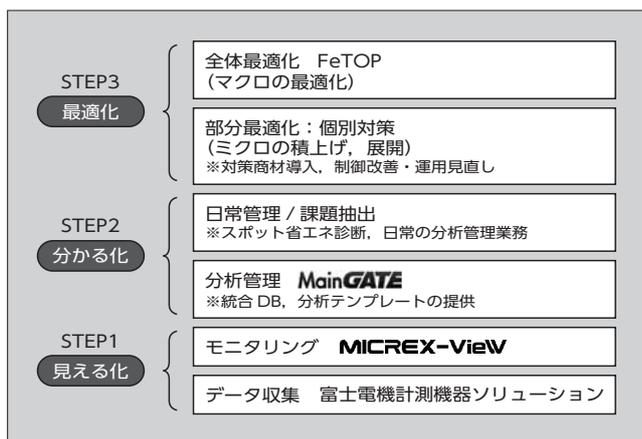


図2 富士電機のEMSの構造

パッケージソリューションを提供している(図2)。

(a) STEP1: 見える化

エネルギーデータの収集および可視化

(b) STEP2: 分かる化

収集実績データの多角的な分析

(c) STEP3: 最適化

再生可能エネルギーやコージェネレーション、蓄電池の利用も加味したプラントの全体最適化

これまで富士電機は、MainGATE/PPAを用いて、顧客の省エネ活動サイクル(分析・管理からの課題抽出、個別対策)の改善に役立つように“分かる化”ソリューションを提供してきた。しかし、省エネ活動において主に次に示す二つの運用面での課題があるため、活動が定着しない、継続できていないケースが多く見られている。

(1) 運用課題1: 省エネ活動の分析業務プロセス

顧客にエネルギー効率改善の課題抽出アプローチのPDCAルールや判断基準が根付かない。

さらに、分析業務に充当できる人的・時間的リソースには限りがあり、また、個個人の知見にばらつきがある。そのため、せっかく苦勞して大量のデータを集められるようになって、誰がどんな情報を見るのか、その結果からどう改善に向けての評価を行って運用するのか、といった一連の省エネ活動の分析や業務プロセスの確立と運用が定着できていない。

(2) 運用課題2: 部門を越えて一体となった省エネ改善活動

省エネ活動がエネルギー供給側に携わる原動施設部門に一任されて、エネルギー需要側の製造部門や業務部門などと一体となった活動に至っていない。原動施設部門としては、製造部門、業務部門などに省エネの意識や活動を根付かせたいが、有効な手段が見いだせていない。

また、エネルギー管理の取組みが一方的な管理要求の押し付けになっているため、現場の各階層の主體的な省エネ活動の弊害となっている。しかし、富士電機のMainGATE/PPAの現行機能を使用する上で、ユーザの力量や運用体制に頼る必要がある。そのため、改善活動において、省エネ課題解決プロセス(日常管理、課題抽出、個

別対策)が確立できないことが多い。

③ エネルギー運用効率改善パッケージ「MainGATE/PPA with DD」

3.1 開発コンセプト

富士電機は、②章で述べた省エネ活動における課題を解決するため、国際規格ISO 50001(EMS)の引用規格であるISO 50006(エネルギーパフォーマンスの計測)に準拠したEMSの新機能を開発した。

運用課題1に対しては、ISO 50006の管理フレームに従って定めたエネルギー管理ユニット(組織、ライン、設備など)ごとのエネルギーロス要因の分析機能と自動診断機能を開発した。また、運用課題2に対しては、エネルギー効率の達成率(実績/目標)、ロス要因(管理しきい値)などを表示して、リアルタイムに運用管理する汎用ダッシュボード機能を開発した。

これらの機能を用いることで、省エネ活動の維持管理活動を推進するためのSDCAサイクルの運用環境が構築できる。さらに顧客の分析業務の負荷を軽減することにより、PDCAサイクルにおいてスピードアップした改善・革新活動・方針管理が可能となる(図3)。

3.2 ISO 50006の管理フレーム適用

エネルギー管理において、エネルギー効率の変化(向上・低下)を評価する対象を定めることは重要である。ISO 50006の管理フレーム^(注)では、いくつかのエネルギーパフォーマンス指標(EnPI: Energy Performance Indicator)を管理する単位をエネルギー管理ユニット



図3 高速PDCAサイクル・SDCAサイクル

〈注〉エネルギーパフォーマンス指標(EnPI):エネルギー使用量やエネルギーの用途(用途)、エネルギー効率に関連する測定可能な結果を総称して、エネルギーパフォーマンス(エネルギー性能)と呼ぶ。具体的には、エネルギー使用量、ピーク電力、用途別エネルギー消費量、各種のエネルギー効率などである。これらについて、組織が定めた定量的な値(または尺度)をエネルギーパフォーマンス指標(EnPI: Energy Performance Indicator)と呼ぶ。エネルギー性能を計測する物差しに相当し、組織の判断で目的ごとにいくつでも使用できる。

(EMU: Energy Managed Unit) と呼ぶ。エネルギー効率の日々の管理、エネルギー効率に影響を与える関連変数(影響要因)を特定することを重要視している。過去の効率実績データから管理目標基準を定め、エネルギー効率(エネルギー原単位、機器効率など)を管理するとともに効率に深く影響する関連変数を管理することが重要である(図4)。

エネルギー運用効率改善機能は、EMUを核に構成している。EMUの定義に必要なデータ収集と設定(入力、出力、関連要因)のみを行うことで、各種エネルギー運用効

率改善につながる機能群(自動診断、リアルタイム管理機能など)に展開が可能なシステム構造とした(図5)。

ある製造工程における原単位の管理を例に取れば、EMUの入力には工程の消費エネルギーを、出力には工程の生産出来高、工程の原単位に関連する影響要因(設備稼働情報、運用情報などの複数の情報)をEMUの管理機能に登録することにより、原単位の悪化の期間、影響要因(原単位に最も寄与する設備稼働状態など)を分析し、自動診断機能にて特定することができる。さらに、原単位の目標値との乖離(かいり)を監視機能にて定周期で監視できる。エネルギー効率目標、実績の乖離、効率に影響を与える関連要因をリアルタイム管理機能にて毎日捕捉でき、製造現場における適正なエネルギー消費に関する運用の示唆が得られる。また、定義したEMUに基づいたモデル化は、類似の工程や設備などに複製することで横展開が可能であり、新規の省エネ活動を素早く立ち上げることができる。

3.3 エネルギー運用効率改善機能 (with DD)

エネルギー運用効率改善機能は、3.1節で述べた開発コンセプトを基に開発した、MainGATE/PPAのアドオン機能である。これは次の主要機能を持つ。

(1) エネルギー管理ユニット(EMU)とエネルギーベースライン(EnB)定義機能

(a) EMUの定義機能

設備ごと、ラインごと、組織ごと、工場ごとの単位などのツリー階層に応じたEMUを定義することができる。EMUの入力、出力信号、要因関連情報の内部タグを作成し、そのデータの基となるMainGATE-DB(データベース)からタグを割り付ける。また、演算機能(四則演算機能)も持っている。

(b) EnBの定義機能

EnBとは、特定の期間におけるEMU定義ごとのEnPIを定量化するための評価基準(ベースライン)である。定義したEMUごとに、季節や操業形態ごとにグループ分けを行った任意の期間、運用条件などに絞り込んだ過去実績値から複数の効率目標ベースラインを定義できる。また、正常な範囲から逸脱した実績値をGUI(Graphical User Interface)上で確認でき、GUI上で逸脱した実績値を除外し、ベースラインの精度を高めることができる(図6)。

(2) エネルギー効率要因項目の抽出・監視機能

(a) 影響要因の関連強度算出における分析機能

EMUに定義した影響要因における関連強度の算出において、定義した複数のEnBごとにEnPIに対する影響要因の相関係数の大きさに基づいて、関連強度が強い影響要因を洗い出すなどの分析ができる。また、EnB上に特定の期間データ(製造シフトの切替時間、休憩時間など)、関連要因のデータ境界(特定の温度領域など)を設定することで、効率悪化点の要因をGUI上に抽出する機能を持っている。

(b) 効率の自動監視機能

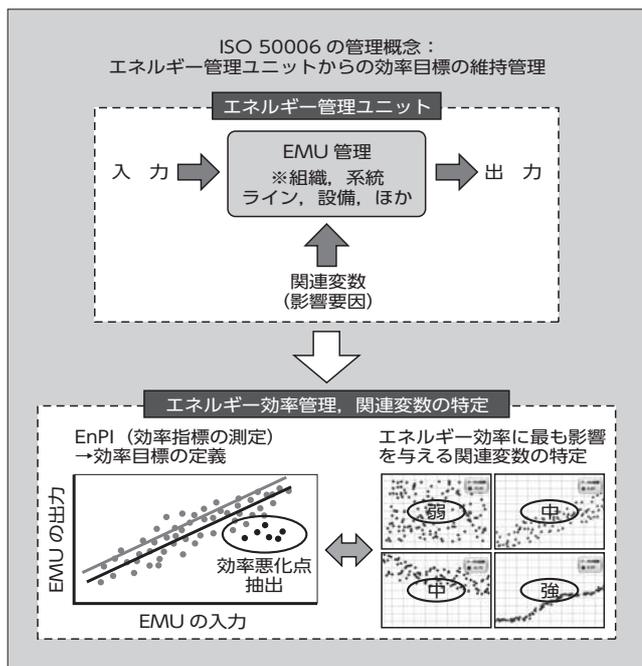


図4 ISO 50006の管理フレームの概念図

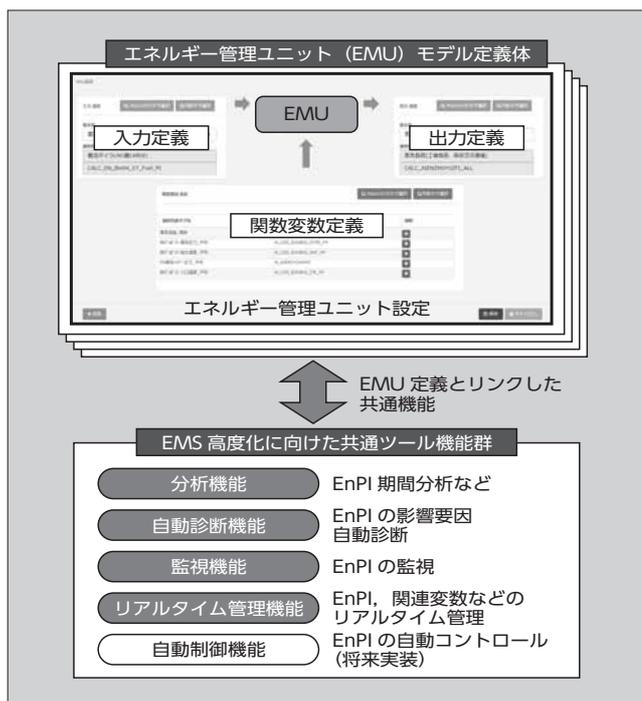


図5 EMUに基づいたモデル化の例

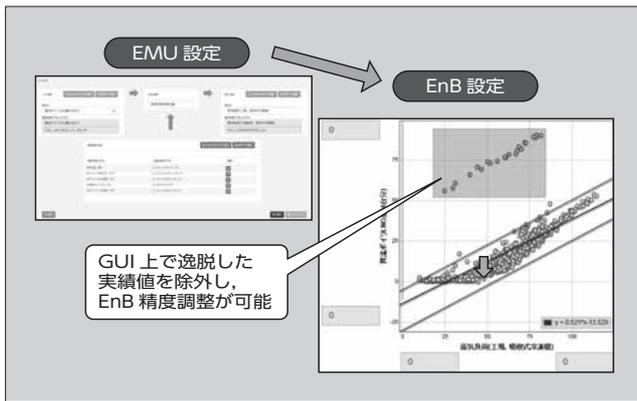


図6 エネルギー管理ユニットにおけるベースライン設定

EnB 定義機能にて設定したベースラインの他に目標ベースライン、アラートベースラインを定義できる。アラートベースライン境界を逸脱する点（効率低下点）を定周期監視機能にて監視できる（図7）。

(3) リアルタイム管理機能

(a) 汎用ダッシュボード機能

現場運用者が見たいときに見たい情報を見ることができるよう、ダッシュボード機能を備えている。ダッ

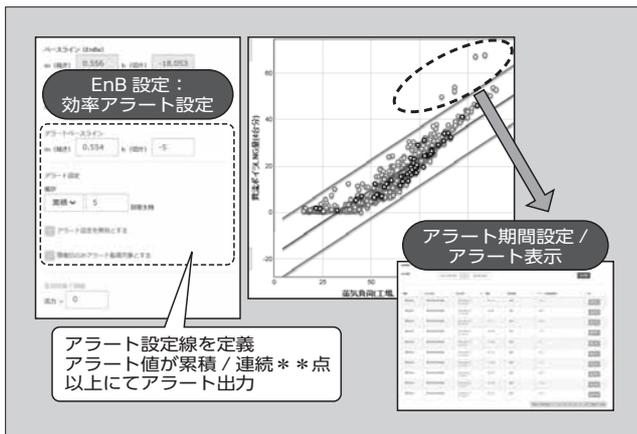


図7 エネルギー効率要因項目の抽出・監視機能



図8 汎用ダッシュボード機能

シュボード一覧（EMUと同じ組織ツリー）にて階層を選択すると、設定に応じたダッシュボードを表示する。ダッシュボードは任意のフレームサイズに変更でき、九つのフレーム（領域）から成っている（図8）。フレームそれぞれに折れ線/棒グラフ、メーター表示、数値表示、目標/実績管理、簡易画面作成、URLリンクなどが表示できる。また、設定画面を随時呼び出して、表示形式や表示対象データの設定や変更が自由に行える。

4 エネルギー効率要因の自動診断エンジン

エネルギー効率改善活動において、分析業務サイクルのスピードアップと高度化を図るため、3章で述べた機能に加えて、実績データからエネルギー効率要因を自動診断するアナリティクス（分析）エンジンを開発した。

4.1 エンジン機能

(1) アナリティクスエンジンへの入力

エネルギー効率要因を診断するためには、エネルギー効率が良いときと悪かったときの実績データとの差異を生じさせている因子を抽出する必要がある。因子を抽出するために、効率が良いまたは悪いのラベルを付与したデータ群をエンジンに入力する。このラベルは、3.2節で述べたEnBを基準として付与する。または、GUI上でユーザーが指定したデータグループにラベルを付与してもよい。

(2) アナリティクスエンジンの機能

アナリティクスエンジンはラベル付きデータを教師データとして学習し、ラベルを説明（予測）するモデルを自動作成する。このモデルから説明因子を抽出することで、ラベル（エネルギー効率の良しあし）に影響の大きい因子が分かる。また、ラベル予測のバウンダリー値（関連変数境界および時間境界）も抽出できるので、どの関連変数の、どの時期の値がエネルギー効率に影響しているのかを分析することができる（図9）。

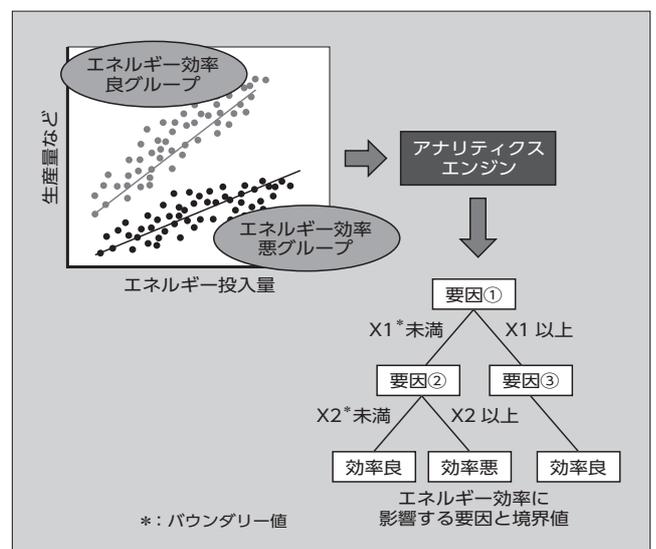


図9 アナリティクスエンジンの概念図

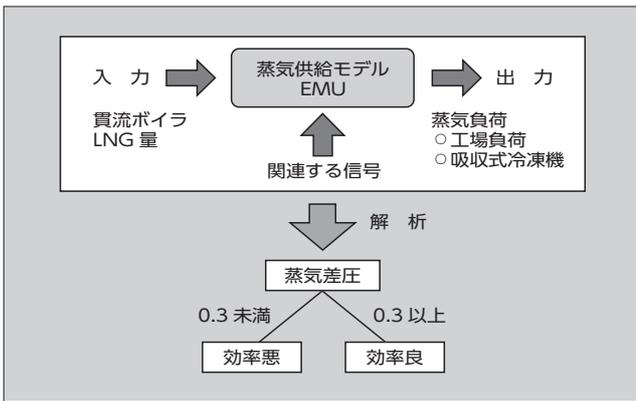


図10 アナリティクスエンジンによる解析事例

4.2 解析事例と評価

アナリティクスエンジンの機能を評価するために、プラントの実績データを使用して解析した(図10)。

(1) 対象事例

工場ユーティリティの蒸気供給ボイラ

(2) EMU 定義

(a) EMU への入力：ボイラ燃料

(b) EMU からの出力：蒸気供給量

(c) 関連変数：ボイラ運転に関わる各種計測値

(3) 解析結果

上述で定義した EMU のエネルギー効率に影響する因子として、蒸気差圧の影響が大きいという結果を得た。

(4) 結果の評価

アナリティクスエンジンにより、ボイラ運転のエネルギー効率に蒸気差圧の影響が大きいという結果を得た。これは、別途、ベテランのオペレータが人手による時間をかけて分析した結果と同じであった。また、蒸気の差圧によるエネルギー効率への影響が生じるか生じないかの境界値についても、人手による分析結果とアナリティクスエンジンによる結果がほぼ同じとなった。

5 あとがき

国際規格に準拠したエネルギー運用効率の改善に寄与するアナリティクス・AIを活用したEMSアドオン機能について述べた。

エネルギー需要家は、各種法規制や、国際規格、CSRなどの観点、エネルギー単価の高騰の影響から、経営課題として自社のエネルギー・環境問題を解決する必要性がますます大きくなってきている。

富士電機は、現行のエネルギーマネジメントソリューション(見える化、分かる化、最適化)および新規に開発したエネルギー運用効率改善機能を活用し、今後需要の拡大が見込まれる再生可能エネルギーを含む新エネルギー、蓄エネ設備、ユーティリティ設備、生産設備を有機的に情報結合して、自動診断技術の確立、常時、高効率運転が可能な制御の自動化を目指していく。

これまで以上にお客さまの省エネルギー活動を支援し、お客さまの課題解決に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 東谷直紀ほか. 省エネルギー活動を支援するエネルギーマネジメントソリューション. 富士時報. 2011, vol.84, no.4, p.234-238.
- (2) 一般社団法人 電子情報技術産業協会. 標準のエネルギー管理手法～EnPI導入ガイド～実践編. 2015. https://home.jeita.or.jp/upload_file/20161004170422_BFV4HTaX8b.pdf, (参照 2018-06-26).



亀田 尚登

製造管理・エネルギー管理・監視制御システムの企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部 EMS 技術部主査。エネルギー管理士。



鈴木 聡

情報・制御システムの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部先端技術研究所システム技術研究センター高度アルゴリズム研究部主任。計測自動制御学会会員、人工知能学会会員。



松本 晴幸

エネルギー分析管理パッケージの開発・エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部エンジニアリング統括部システム技術センター産業システム部。日本知能情報ファジイ学会会員。



発電設備のエネルギー最適化パッケージ「EMS-Package LITE」

“EMS-Package LITE” Energy Optimization Package for Power Generation Facilities

鳴海 克則 NARUMI, Katsunori

丹下 吉雄 TANGE, Yoshio

佐名木 健太 SANAGI, Kenta

製鉄所では、生産に必要なエネルギーは一定量ではなく生産状況により大きく変動する。エネルギー需要（購入エネルギーと副生エネルギー）を常に監視し、的確に制御することでエネルギーの安定供給を行い、エネルギー消費量や温室効果ガスの排出量を削減することが重要である。海外製鉄所向けに、低コストで導入・運用が可能な発電設備のエネルギー最適化パッケージ「EMS-Package LITE」を開発した。最低限の情報入力と過去のプラント操業データから最適な運転モデルを算出し、算出したデータを基に現場オペレータが操業を行う仕組みを安価に提供できる。

The energy consumption at ironworks fluctuates significantly depending on the state of production. It is important to monitor the demand for energy (both purchased and by-product) at all times and adequately control the supply and demand to stabilize power supply, lower power consumption, and reduce greenhouse gas emissions. For steelworks outside Japan, we have developed an energy optimization package for power generation facilities, “EMS-Package LITE,” that can be installed and operated at low cost. It can inexpensively offer the system that calculate an optimal operation model from minimal input information and previous plant operation data, allowing on-site plant operators to operate a plant on the basis of the data calculated using the operation model.

1 まえがき

製鉄所では、生産に必要なエネルギーは一定量ではなく生産状況により大きく変動する。ガス・酸素・電力などの購入エネルギーに加えて、生産設備で生じる副生ガスや蒸気・電力などの副生エネルギーといった多種多様なエネルギーが使用される。

製鉄所のエネルギー管理部門は、このように変動するエネルギー需要を常に監視し、的確に制御することでエネルギーの安定供給を行う。さらに、複雑に絡み合う購入エネルギーと副生エネルギーの需要と供給をバランスさせ、最

適に制御することで、エネルギー消費量や温室効果ガスの排出量を削減する重要な役割を担っている。

富士電機は、2011年に「鉄鋼EMSパッケージ」を上市した。精緻な予測モデル・プラントモデルによる、複数エネルギーの需要予測、最適運用方案作成、それに基づいた自動制御を特徴とし、国内製鉄所において90%以上の圧倒的なシェアを持っている。

このたび、特に海外製鉄所向けに、低コストで導入・運用が可能な発電設備のエネルギー最適化パッケージ「EMS-Package LITE」を開発した。

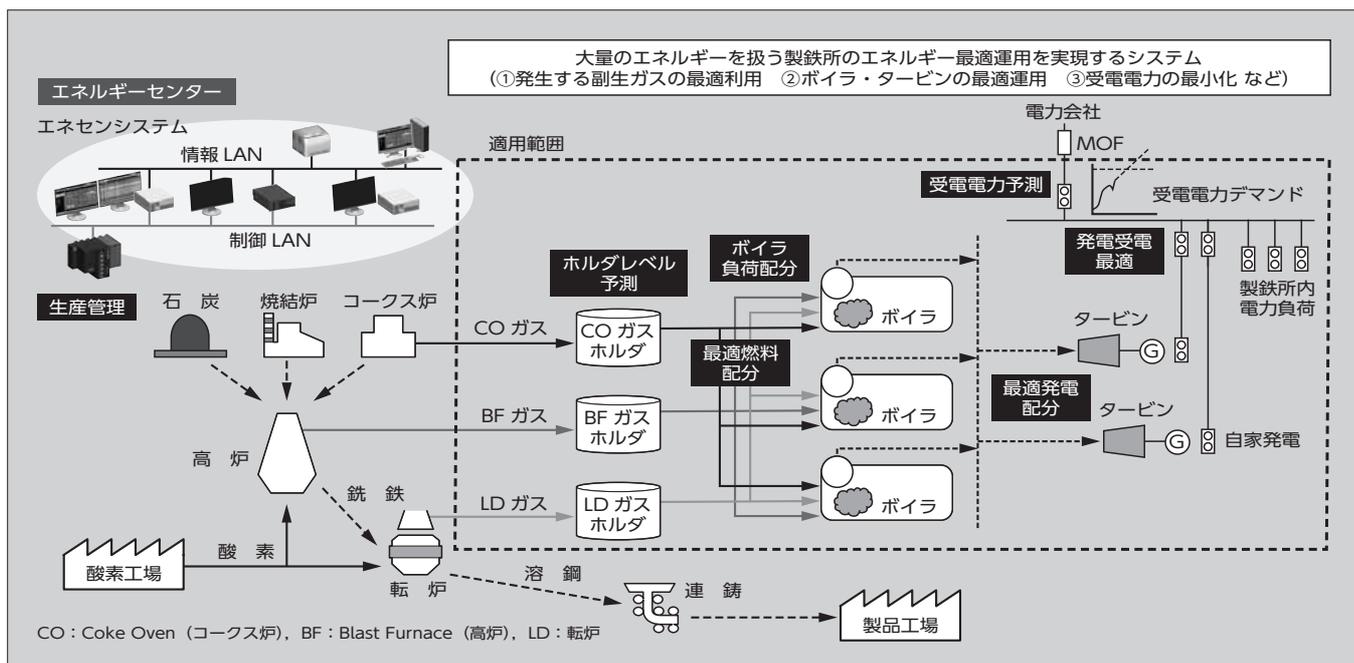


図1 「EMS-Package LITE」の対象設備の範囲（発電設備）

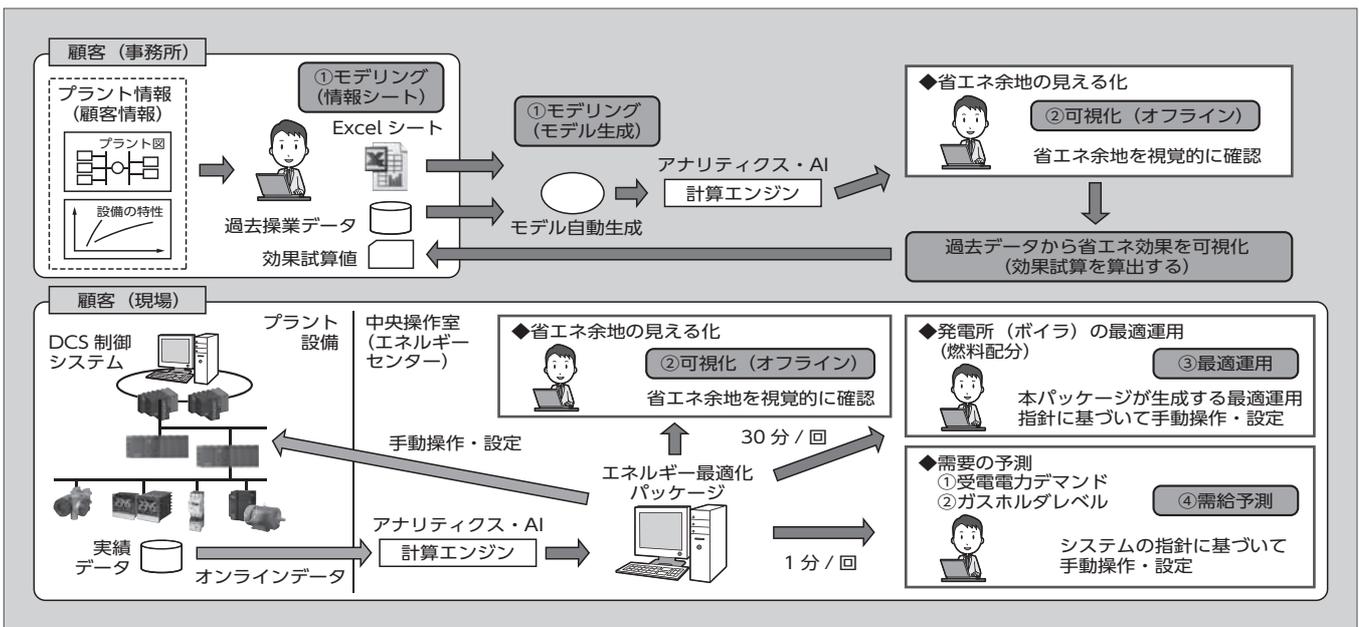


図2 「EMS-Package LITE」の全体像

表1 「EMS-Package LITE」のコスト・省エネルギー効果の目標仕様

項目	EMS-Package LITE*	鉄鋼EMSパッケージ
コスト (%)	14	100
省エネ効果 (%)	20～50	100
対象エネルギー	電力	電力, ガス, 蒸気

* 鉄鋼EMSパッケージを100%として算出

2 「EMS-Package LITE」の概要

製鉄所の設備を稼動するためには電力が不可欠である。電力は電力会社から購入するほか、製鉄所内の副生ガス（高炉ガス、転炉ガス、コークス炉ガス）を利用した発電設備で電力を供給しているケースもある。

本パッケージは、プラント設備情報、設備特性、生産計画など最低限の情報入力と、過去のプラント操作データから、最適運用計画を30分刻みで24時間分を出力する。この最適運用計画を基に、現場オペレータが操業を行う方式を採用することで、低コスト化している。図1にEMS-Package LITEの対象設備範囲を、図2に全体像を示す。また、表1に、EMS-Package LITEのコスト・省エネルギー（省エネ）効果の目標仕様を示す。

3 主要機能

3.1 モデリング（情報シート・モデル自動生成）

顧客自身が簡単にモデリングできる仕組みとした。Excel形式の“情報シート”に製鉄所の発電設備であるボイラ・タービンなどの台数、設備特性情報、設備間接続情

〈注〉 Excel：Microsoft Corporationの商標または登録商標

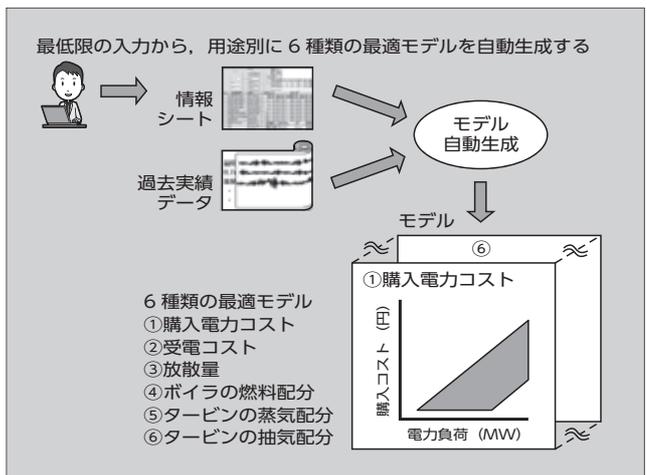


図3 最適モデル生成までの流れ

報、コスト情報などを所定のフォーマットに基づいて入力する。さらに、過去の運用実績データを入力することで、モデルを自動生成する。省エネやコストミナIMUMなどの目的ごとに、6種類の最適モデルが生成される。最適モデル生成までの流れを図3に示す。

3.2 可視化（オフライン）

可視化（オフライン）においては、過去の実績データをモデルごとのエネルギーコストに変換して、モデル上にプロットする。この結果、省エネ余地を可視化することができる。購入電力コストの可視化表示例を図4に示す。図の白抜き矢印が、省エネ改善余地を示している。

3.3 最適運用と可視化（オンライン）

最適運用においては、プラントデータ（実績データ）をオンラインで収集し、最適計算エンジンにより30分刻みで24時間分の発電所の最適運用計画（エネルギー配分）

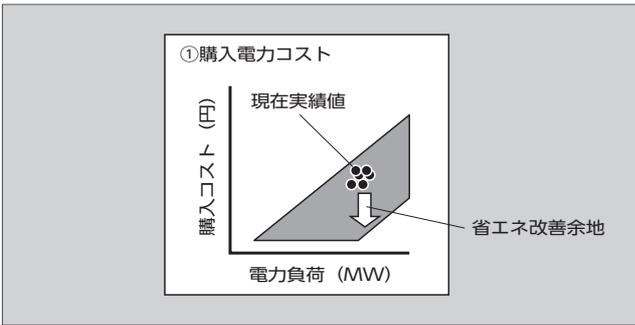


図4 購入電力コストの可視化表示例

を作成する。現場オペレータは、この最適運用計画に沿って運用することで、省エネが実現する。

また、操業に変更があった場合など、センターオペレータはその場で再演算し、直近の操業に合わせた最適運用を可能にすることができる。さらに、この最適運用計画は最適モデルと実績データから自動で計算する仕組みであるが、設備の稼働計画やエネルギーバランスなども必要に応じて変更することもできる。可視化（オンライン）においては、OPC インタフェースでリアルタイムに収集した実際の状態と、最適運用後の予想される省エネ状態とを同時に表示するので、省エネ運用の状況を視覚的に確認することができる。最適運用の流れを図5に示す。

3.4 需給予測

連続生産設備（高炉・コークス炉など）では、各設備（ボイラ・タービン）の稼働休止計画の変更、実績および原単位に基づいて、エネルギー発生量・使用量を予測する。また、バッチ生産設備（転炉）では、生産計画の変更、実績および製鋼原単位から、エネルギー発生量・使用量を予測する。

(1) 電力デマンド監視

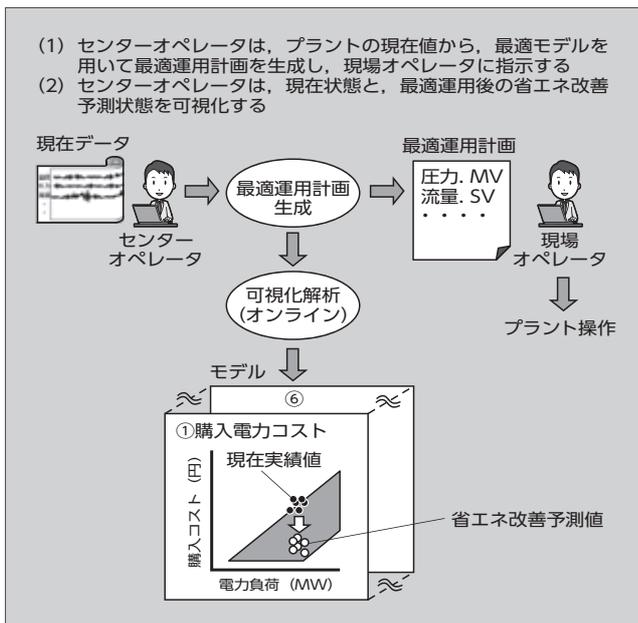


図5 最適運用の流れ

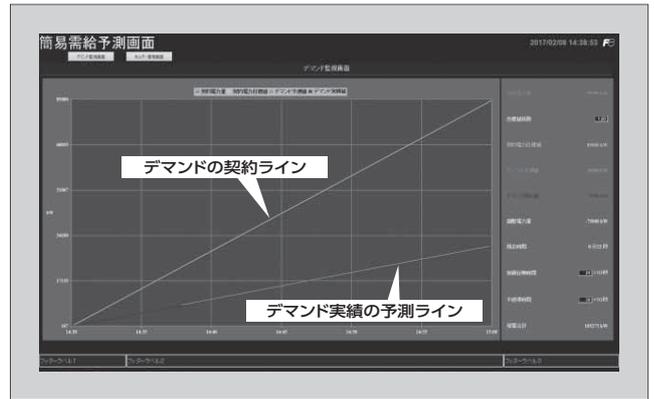


図6 需給予測（デマンド監視画面）

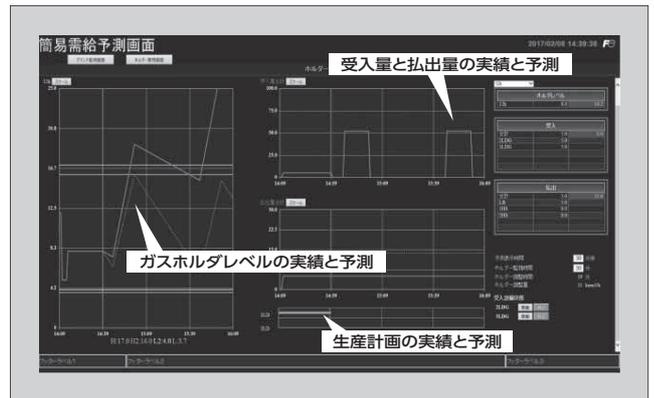


図7 需給予測（ガスホルダ監視画面）

センターオペレータは、受電量を常時監視し、予測した受電量が契約値を超えそうな場合は、発電設備の現場オペレータに発電量を変更するように依頼する。デマンド監視画面例を図6に示す。

(2) ガスホルダ監視

センターオペレータは、予測したガスホルダレベルを常時監視し、ガスホルダレベルが上下限值を超えそうな場合は、発電設備の現場オペレータに発電所の燃料を変更するように調整依頼する。ガスホルダ監視画面例を図7に示す。

4 評価

本パッケージの開発に当たり、省エネ効果は、鉄鋼EMSパッケージの約20～50%を目標に進めてきた。実際のプラントでフィールド検証を実施したところ、省エネ効果の試算結果は、約30%であり目標を達成できた。また、コストについても目標を達成できた（表2）。

表2 「EMS-Package LITE」の成果

項目	EMS-Package LITE*	鉄鋼EMSパッケージ
コスト (%)	14	100
省エネ効果 (%)	30	100
対象エネルギー	電力	電力, ガス, 蒸気

*鉄鋼EMSパッケージを100%として算出

5 あとがき

発電設備のエネルギー最適化パッケージ「EMS-Package LITE」について述べた。

富士電機では、製鉄所でのエネルギーセンターの運用に関する長年の経験を生かし、最先端の制御技術やソフトウェア技術を用いて最適化することにより省エネルギーを実現している。EMS-Package LITE を、省エネ運用が実現できていない海外の、特にインドや中国の製鉄所向けに安価に導入・普及させることによって、世界における省エネや温室効果ガスの排出削減に貢献していく所存である。



丹下 吉雄

主に数値アルゴリズムを利用したエネルギーマネジメントに関する研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部先端技術研究所システム技術研究センター高度アルゴリズム研究部主任。電気学会会員。



佐名木 健太

鉄鋼分野向けエネルギー管理計算機システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部エンジニアリング統括部システム技術センター産業システム部。

参考文献

- (1) 鳴海克則ほか. 鉄鋼所のエネルギー管理を最適化する「鉄鋼EMSパッケージ」. 富士電機技報. 2013, vol.86, no.3, p.177-181.



鳴海 克則

鉄鋼分野の計測制御システムのエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部プロセスオートメーション事業部技術第一部担当課長。



「OnePackEdge システム」によるデータ価値の創出

Creating Value in Data with “OnePackEdge System”

星野 淳 HOSHINO, Jun

藤川 泰孝 FUJIKAWA, Yasutaka

豊田 謙郎 TOYODA, Kenro

現状では多くの場合、設計生産技術、工場などの各部門で既に見える化が進み、データも大量に集められている。しかし、部門間のデータの連携や複数の工程をまたぐ履歴データの連続性などに乏しく、収集したデータが十分に生かされていない。部門間の連携や連続性を考慮したデータ収集と解析による全体最適化が必要になっている。富士電機は、このような課題を解決し、スマートファクトリーを実現するため、“利益を生むデータベース”を構築する「OnePackEdge システム」を開発した。さらに、データの解析支援ツールを提供して解析業務の効率化を図り、データの価値を創出する。

Today, visualization is advanced for the process of each department, such as design, production technology, and a factory, and a large amount of data is collected. However, these data are not fully leveraged due to the lack of efficient coordination between departments and continuity of historical data over different processes. Thus, total optimization is required for cross-department coordination and data continuity through data gathering and analysis. Given this challenge, Fuji Electric has developed “OnePackEdge System” for creating a “value-generating database” to realize a smart factory. An additional data analysis assistant tool is also provided to make analysis more efficient and create value in data.

1 まえがき

IoT (Internet of Things) やビッグデータ解析、人工知能 (AI) などの技術が加速度的に発展する中で、生産性向上や設備の予兆保全などに対してデータを具体的にどのように活用するのかという課題に直面している。

本稿では、この課題解決の事例として、「OnePackEdge システム」によるデータ付加価値の創出について述べる。

2 組立加工データ収集システム⁽¹⁾

顧客自身が市場からの高度な要求に応えるため新技術の開発を加速する必要性に迫られている。例えば、自動車業界においては、自動運転、コネクテッド、電動化などが挙げられる。

現状では多くの場合、設計生産技術、工場などの各部門で既に見える化が進み、データも大量に集められている。従来は生産部門やラインごとの個別改善で問題はなかったが、改善に限界がきており全体最適を指向するユーザーが増えている。しかし、部門間のデータの連携や複数の工程をまたぐ履歴データの連続性などに乏しく、収集したデータが十分に生かされていない。そのためには、部門間の連携や連続性を考慮したデータ収集と解析による全体最適化が必要になっている。図1に、現状と今後求められる仕組みを示す。

このような課題を解決し、スマートファクトリーを実現するため、“利益を生むデータベース”を構築する「OnePackEdge システム」を開発した。

2.1 組立加工分野向け品質トレーサビリティ

富士電機が提供する品質トレーサビリティソリューション

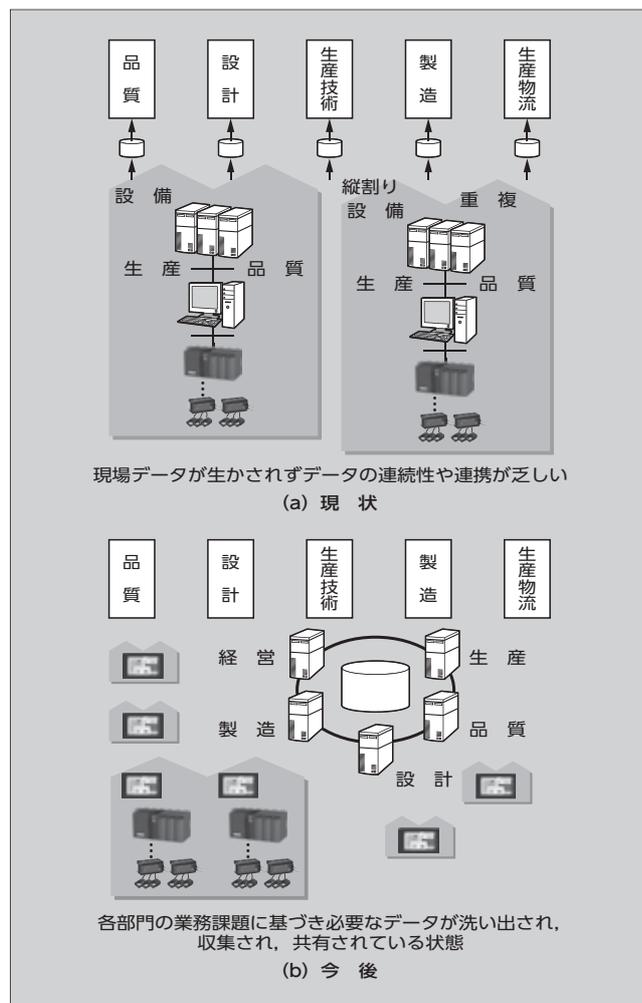


図1 現状と今後求められる仕組み

ンの概要を、図2に示す。破線部は、OnePackEdge システムの範囲である。品質トレーサビリティソリューション

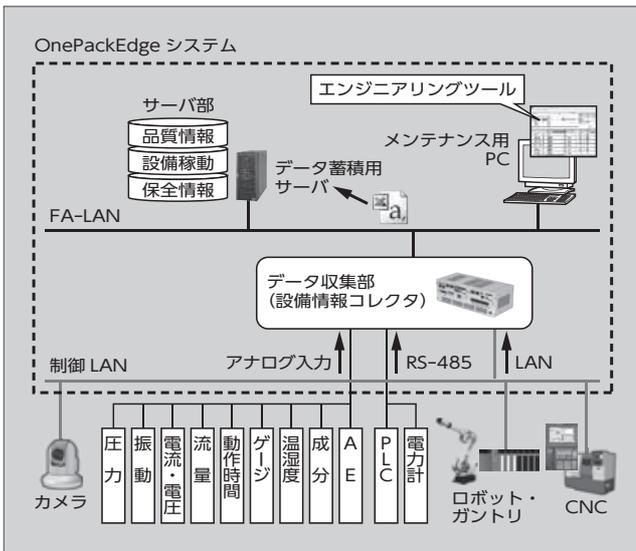


図2 品質トレーサビリティソリューションの概要

は、LAN で接続した製造設備やセンサ類から生データを収集するデータ収集部と、これらのデータを蓄積するデータベース用のサーバ部に分けられる。ユーザーが必要とするデータを必要なタイミングで収集し、蓄積データのトレースが必要になった際は、簡単に検索できる仕組みを提供する。

(1) データ収集部

(a) データ収集機能

組立加工ラインでは、品質トレーサビリティには、機械ごとの対象ワークの組立・加工の開始から完了まで（1 サイクル）のデータが必要である。OnePackEdge システムでは、各機械を制御するコンピュータ数値制御（CNC：Computer Numerical Control）やプログラマブルコントローラ（PLC：Programmable Logic Controller）の制御信号、機械ごとの圧力や温度、振動などさまざまなセンサ信号を、1 サイクルごとに収集する。また、図3に示すように1 サイクル単位で収集デー

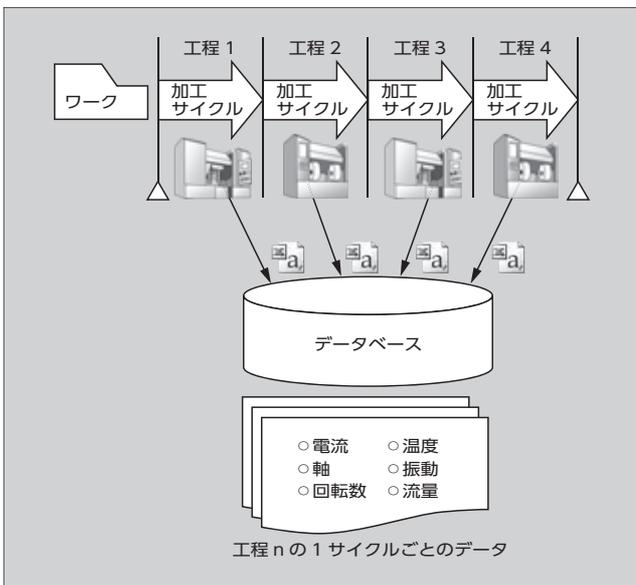


図3 データ収集機能のイメージ

タを“意味あるデータ”として、ひとまとめ（ワンパッケージ）にする機能を持っている。

これにより、データを常時収集し続ける従来方式と比較すると、必要なデータを必要なタイミングで収集できるため、データ量を減らすことができる。その結果、分析時のデータの特定や加工の手間が少なくなり、ユーザーの負担を大幅に削減できる。

(b) カメラサーバ連携機能

4M（人・機械・材料・方法）の変化点管理のため、カメラで撮影した動画を振動や電流などのアナログ入力とともに一元的に管理したいというニーズがある。しかし、カメラは主にカメラ用システムで管理されており、センサから収集されるアナログデータとは管理システムが異なるため、一元的に管理できないという課題があった。

図4に示すように、現場の発生事象をカメラによる録画映像とアナログデータの推移を同期させてモニタできる仕組みを提供している。

(c) エンジニアリングツール

エンジニアリングツールは、システムのマスタメンテナンスやデータの追加、削除を行う。本ソリューションでは、Excel^(注)を活用したエンジニアリングツールを用意しており、その概要を図5に示す。メンテナンス用のPC上に準備したエンジニアリングツールから、各サイクルの開始信号と完了信号を指定し、収集データの項目名、データタイプ、格納アドレスなどを定義し、収集端末の所定フォルダに登録することで、課題であったユーザーによる収集データの追加や変更を簡単に行うことができる。

(2) サーバ部

(a) トレーサビリティ検索機能

製造設備の稼動情報と製品の品質情報は、密接に関係している。そのため、ユーザーは生産ラインに問題が発生したとき、稼動情報と品質情報を同時に確認することが多い。しかし、品質情報は製品単位で、稼動情報は設備

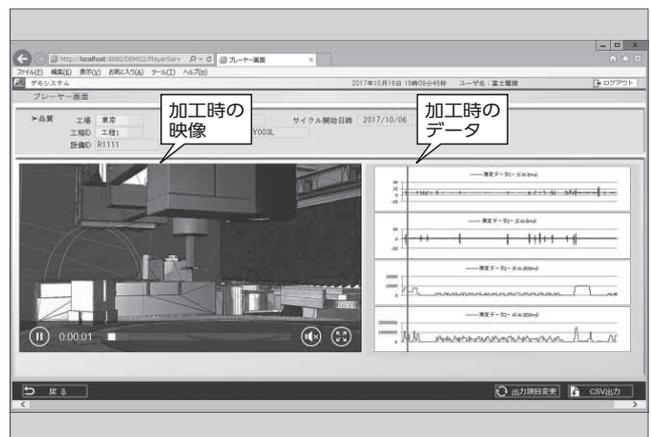


図4 カメラサーバ連携機能の画面例

〈注〉 Excel：Microsoft Corporation の商標または登録商標

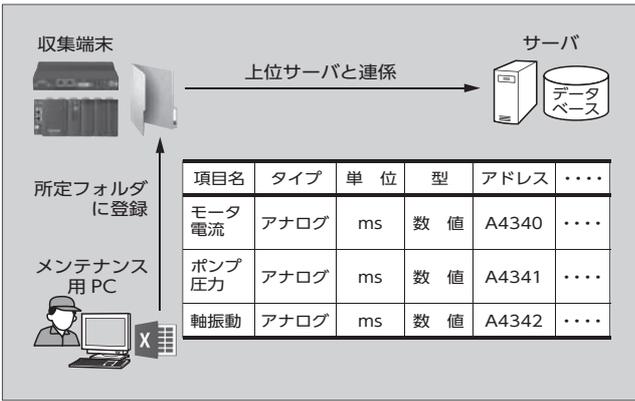


図5 エンジニアリングツールの概要

単位で管理されており、情報の検索に手間がかかっていた。本ソリューションでは、設備軸とワーク軸の両方から検索可能な仕組みを提供して、ユーザの情報検索作業を軽減している。

(b) データサマリー機能

異常要因を追跡するのは、計測項目ごとに、異常値（しきい値オーバー）、最大値、最小値、平均値などを求める必要があるが、蓄積されたデータが膨大であるため

表1 設備情報コレクタの概略仕様

機能分類	詳細分類	仕様
データ収集	収集対象	<ul style="list-style-type: none"> ○ PLCまたはCNC ○ 電力計 ○ 各種センサ (アナログ入力) ○ 接点入力 (デジタル入力)
	収集サイクル	<ul style="list-style-type: none"> ○ 高速 (1 ms) : 16点 (アナログ入力) ○ 中速 (300 ms) : 20点^{*1} ○ 低速 (1 s) : 128点^{*1}, 24点 (アナログ入力)^{*1*2}, 16点 (デジタル入力)^{*1*2} ○ サイクル : 256点
	上位サーバ送信	FTPによるファイル転送 (FTPサーバ・FTPクライアント機能に対応)
データ監視	しきい値監視	低速データ128点の上上限, 上限, 下限, 下下限のしきい値監視 ^{*3}
I/F	LAN	<ul style="list-style-type: none"> ○ LAN0 (RJ45) : 1 Gbits/s (リアルタイム監視用) ○ LAN1 (RJ45) : 1 Gbits/s (将来拡張用) ○ LAN2 (RJ45) : 1 Gbits/s (上位PC接続, エンジニアリングツール接続用) ○ LAN3 (RJ45) : 100 Mbits/s (PLCまたはCNC接続用)
	シリアル	<ul style="list-style-type: none"> ○ RS-422 (RJ45) : 将来拡張用 ○ RS-232C0 (D-SUB9pin) : 将来拡張用 ○ RS-485 (RJ45) : 電力計接続 ○ RS-232C1 (RJ45) : 将来拡張用 ○ USB0, 1, 2 : メンテナンス用
	I/O	<p>【標準】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ アナログ入力 : 16点, 4-20 mA / 0-20 mA / ±20 mA, 分解能 : 14 bit ○ デジタル入力 : 1点, DC24 V, 4 mA ○ デジタル出力 : 1点, DC24 V, Ry出力 <p>【拡張I/O増設時】</p> <p>*Expansion I/O (RJ45) にて接続</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ アナログ入力 : 24点, 4-20 mA / 0-20 mA / ±20 mA, 分解能 : 14 bit ○ デジタル入力 : 16点, DC24 V, 4 mA
	対応プロトコル	三菱MCプロトコル, FOCAS2 / Modbus RTU

*1 : 1ワード当たりの読出し応答時間が10ms以内の機器に限る
 *2 : 拡張I/O増設時のみ
 *3 : しきい値監視時に設定回数分連続でしきい値以上を継続した場合に異常と判断

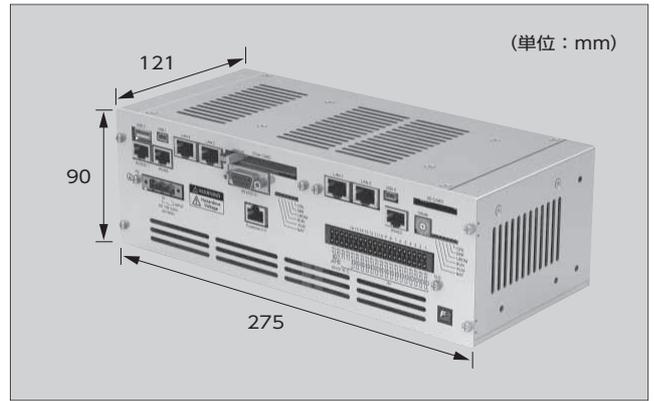


図6 設備情報コレクタ

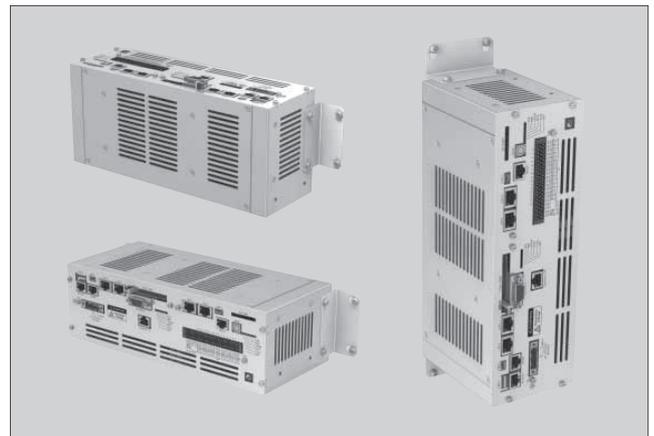


図7 設備情報コレクタの設置例

多くの手間がかかっていた。本ソリューションでは、これらの値を自動集計し、トレーサビリティ検索画面に表示することにより、ユーザのデータ確認作業の軽減を支援する。

2.2 設備情報コレクタ

富士電機は、データ収集部の小型化や低価格化するため、2.1節で述べた機能を集約した設備情報コレクタを開発した。従来の富士電機製品の収集装置部と比較して、体積比で95%低減する。概略仕様を表1に、外観を図6に示す。

また、既設の制御盤の中にも組み込みやすいように図7のように3方向および上下反転での取付けを可能としている。

③ 今後の展望

図8にOnePackEdgeシステムの将来像を示す。今回、本図におけるデータ収集の開発により、フィールドのさまざまな設備やセンサなどから意味あるデータにワンパッケージ化されたデータを効率よく収集し、蓄積することができた。今後は、これらのデータをアナリティクス・AIと組み合わせることで、生産設備の故障や製品不具合の予兆監視などに利用することで、データからの新しい顧客価値を生み出していく。富士電機はこれらのデータ活用に積極的に貢

特集 IOTから始まる新しい価値創出ソリューション

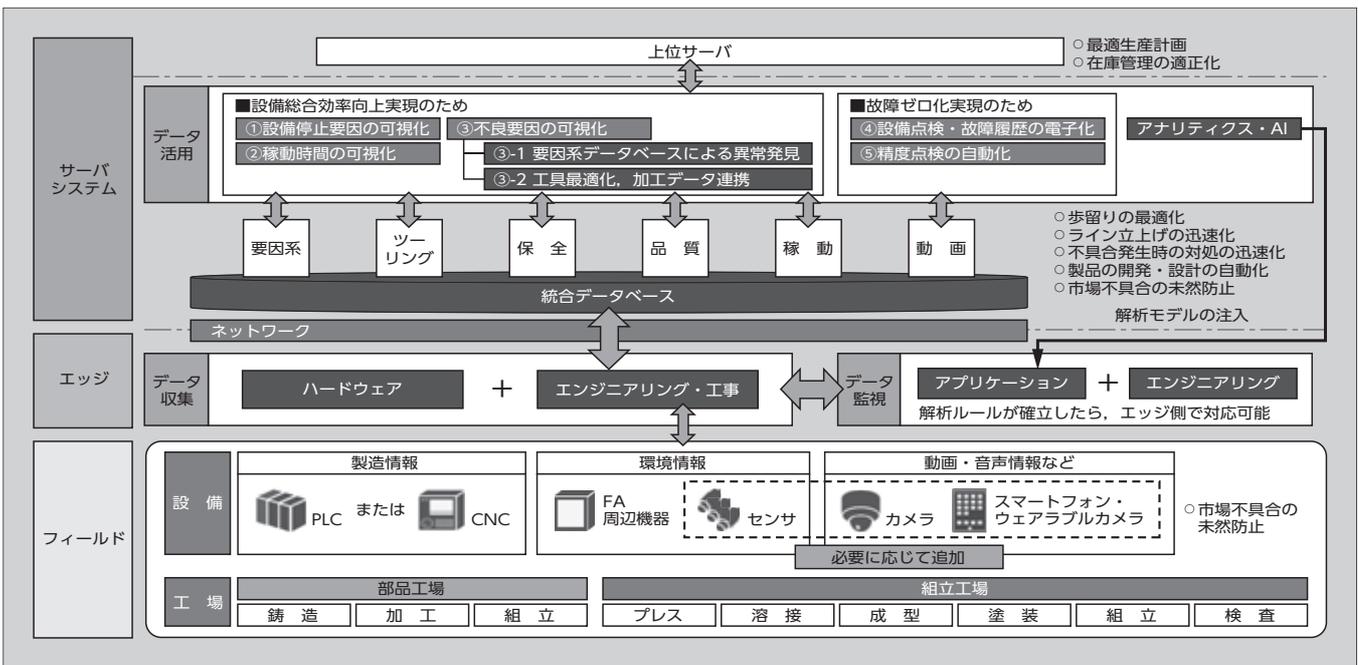


図8 「OnePackEdge システム」の将来像

献し、さらなるデータの付加価値を生む活動を進める。

さらに、意味あるデータにワンパッケージ化したデータの解析支援ツールを提供する。本ツールは、蓄積されたデータの検索や波形表示はもちろんのこと、フィルタ機能やFFT解析などの機能を持つ。波形解析によるデータ振分機能やモデル波形比較機能などにより、解析業務の効率化を図れるツールとなる。

4 あとがき

「OnePackEdge システム」によるデータ価値の創出について述べた。IoTの広がりによりデータ収集のニーズは高まっているが、大量のデータの海に溺れ、十分に活用できないことが課題である。このままでは価値あるデータが埋もれてしまい、生産性の最大化が図れないことが予測される。意味あるデータにより、生産ロスや管理ロスなどの低減を行っていく所存である。

参考文献

- (1) 藤川泰孝ほか. 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.



星野 淳

産業分野向けFAシステムの企画業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部FA営業技術部主席。



藤川 泰孝

産業分野向けFAシステムの企画・エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部FAシステム技術第一部主席。



豊田 謙郎

産業分野向けFAシステムの企画・エンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部FAシステム技術第一部主任。



IoT を活用したものづくり改革

Manufacturing Reform Utilizing IoT Technology

大野 勝史 ONO, Masabumi

山田 隆典 YAMADA, Takanori

成瀬 光洋 NARUSE, Mitsuhiro

富士電機は従来の生産革新活動に加えて、2009年度からはサプライチェーン全体の流れを通すSCM（Supply Chain Management）改革活動を発展させ、販売と製造が同期して自律的に流れる仕組みを構築している。また、“生産性と品質の向上”“安全・安心と省人化”“省エネルギー”に取り組むとともに、工場ごとの製品や事業の特性に合わせた生産革新やIoT化を進めている。IoT化においては、IoTソリューションベンダでもあるという特長を生かし、自社の製品やシステムを積極的に活用している。

In addition to the existing production innovation activities, Fuji Electric has developed its supply chain management (SCM) reform activity since FY2009 to build the system in which sales and manufacturing processes synchronize autonomously. We are committed to productivity and quality improvement, security and safety, labor saving, and energy saving. We also promote production innovation and the use of IoT according to each factory's manufactured items and business characteristics. Fuji Electric, an IoT solution vendor, proactively utilizes its own products and systems.

1 まえがき

富士電機は従来の生産革新活動に加えて、2009年度からはサプライチェーン全体の流れを通すSCM（Supply Chain Management）改革活動を発展させ、販売と製造が同期して自律的に流れる仕組みを構築している。

飛躍的に向上した情報処理能力やAI（人工知能）による大量データを活用したものづくりIoT（Internet of Things）を推進している。これにより、ものづくり改革を行い、自律同期化生産すなわち、富士電機生産方式（FePS：Fuji Electric Production System）を目指している（図1）。

2 ものづくりIoTのコンセプト

富士電機のものづくりIoTのコンセプトを図2に示す。“生産性と品質の向上”“安全・安心と省人化”“省エネルギー”を実現するため、SCMとPLM（Product

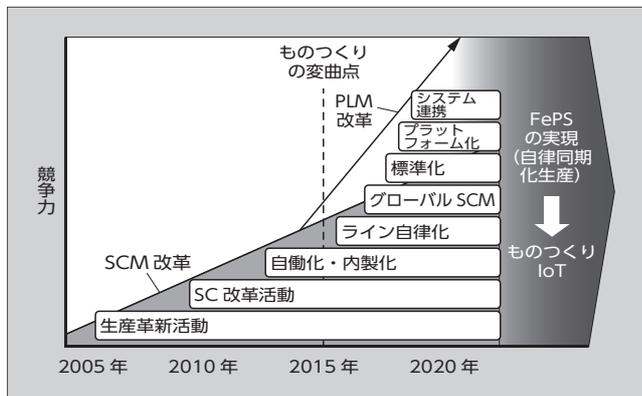


図1 富士電機が生産革新のあゆみ

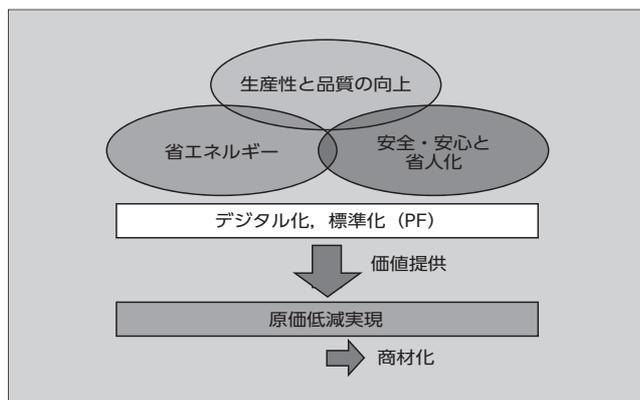


図2 ものづくりIoTのコンセプト

Lifecycle Management）の二つの軸からIoT化を推進している。これにより、省エネルギーも含めた工場全体最適を図る“つながるスマート工場”の実現を目指している。

SCM軸ではIoTを活用した生産設備・ラインの自動化を推進している。PLM軸では、標準化、デジタル化、CPS（Cyber Physical System）活用を推進している。

IoTを活用したものづくり改革は、現場から取得したデータに基づき、ものづくりをコンピュータ上でシミュレーションを行い、現場にフィードバックを行って最適化を図っている。まず、センシング技術、情報収集技術および接続技術を確認するとともに“工場見える化ダッシュボード”（後述3.2節）を開発し、各工場に展開した。

現在は、ものづくりの標準化とともに、データ活用による生産性と品質の向上を進めている。

3 取組み事例

富士電機は、電子デバイス・コンポーネントからプラン

ト設備まで幅広い分野のものづくりを行っている。そのため、工場ごとの製品や事業の特性に合わせた生産革新やIoT化を進めている。

富士電機はIoTソリューションベンダでもあるため、IoT化においては、自社の製品やシステムを積極的に活用している。

3.1 CPS 活用による生産準備

製品機能が高度化・多様化し、かつ市場投入までの期間の短縮が求められている。このような中、富士電機では、CPSを活用した製造工程の最適化と、量産開始までの生産準備プロセスの期間短縮を進めている（図3）。

(1) 設計情報活用による工程設計の高度化・効率化

工程設計は、製品設計に基づき、製造性を検証しながら、製造方法、人員・工数、設備・治工具などを設定する。そのため、製品のQCDを左右する極めて重要な作業である。この作業において、QC工程図や作業指示書などの帳票類を作成しなければならず、時間がかかるという課題があった。

そこで、製品設計のデータを活用してコンピュータ上で製造性を検証しながら最適な製造手順を抽出し、試作回数を削減する仕組みとともに、帳票類を半自動で作成できる仕組みを構築している。

これにより、製品設計と工程設計を同時に行うことができ、製品設計にフィードバックを行いながら、生産準備の期間短縮と作りやすい工程設計が構築できるようになった。

(2) 生産ライン設計の高度化・効率化

富士電機は、効率的な生産ラインを構築するため、コンピュータ上で、人やモノ、設備の動きのシミュレーションを行うシステムも開発している。前述の製造性検証の情報を活用するライン設計ツールを用いてタクトタイムやラインの能力、工数のシミュレーションを行うことができる。さらには、作業者の動作のシミュレーションを行うことで、作業しにくい工程や製品品質に関わる工程について事前検証と課題のつぶし込みができる。このようにして、作業品質の安定化とライン立上げ期間の短縮を図っている。

(3) 自動化設備の設計品質の向上と検証期間の短縮

メカ設計、電気設計、ソフト設計などの設備設計を行った後、実際の設備を使って試作・評価を行っている。

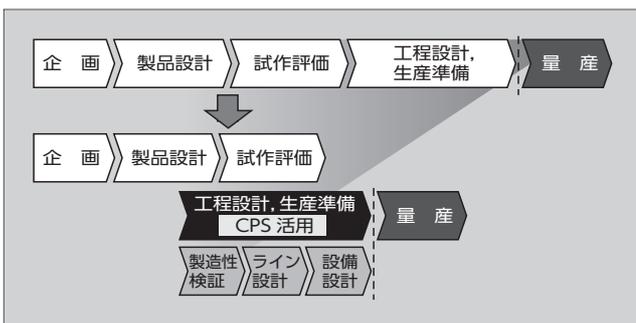


図3 CPS活用による生産準備の効率化

そのため、試作・評価は、実機を使って実施していたため、時間がかかるだけでなく、複数回の試作のための期間が必要であった。

そこで、手戻りを削減し、設計品質の向上と設備開発期間の20%削減するため、3D-CADデータを活用し、コンピュータ上に実機と同様の試作・評価を行うことができる環境を構築した。

数台のロボットを連携した製造ラインを構築する場合においても、ロボット同士あるいは人との干渉が事前に検証でき、実機検証時の安全性も確保できる。

また、グローバル拠点を含めた遠隔地の設備の量産稼働時の動作評価やソフトウェアの改良が手元のコンピュータで行うことができるという利点がある。

3.2 工場見える化ダッシュボード

以前から製造現場では、生産進捗管理板やアンドンなどを活用し、現場情報の共有と対策のスピードアップを図っている。

さらなるスピードアップのため、IoTを活用し、リアルタイムに製造現場の4M（人、機械、材料、方法）のデータを収集し、さまざまな現場情報を統合し、ものづくりのKPI（Key Performance Indicator）を一元的に可視化する“工場見える化ダッシュボード”を開発し、設置を進めている（図4）。

工場見える化ダッシュボードを使って、経営層や工場管理者層、ライン監督者層というそれぞれの階層が日常管理に必要なKPIを定量的かつリアルタイムに把握している。これにより、的確かつスピーディーな対応と全体最適化を行っている。

なお、ダッシュボードは、工程やライン構成の変更に応じて、表示内容が容易に編集できるように、Web画面で構成している。また、ネットワークはセキュリティおよびアクセス負荷の分散を考慮した構成としている。

稼働情報の出力機能を持たない旧型設備については、稼働状況表示灯の信号から稼働情報を収集する方式が一般的である。しかし、この方式では、正常や異常、停止などの数種類の情報しか得られない。そこで、設備の制御線から

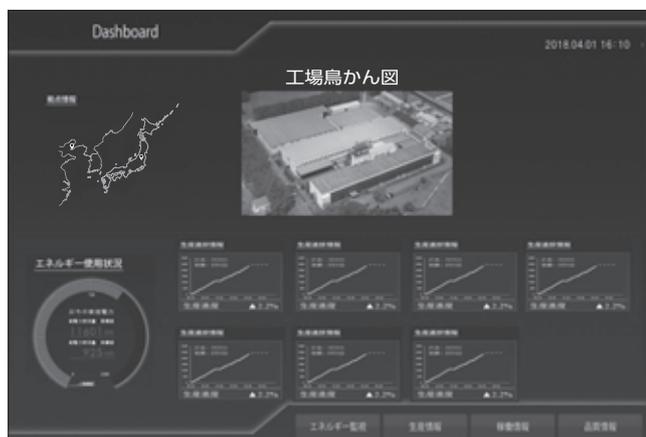


図4 工場見える化ダッシュボード

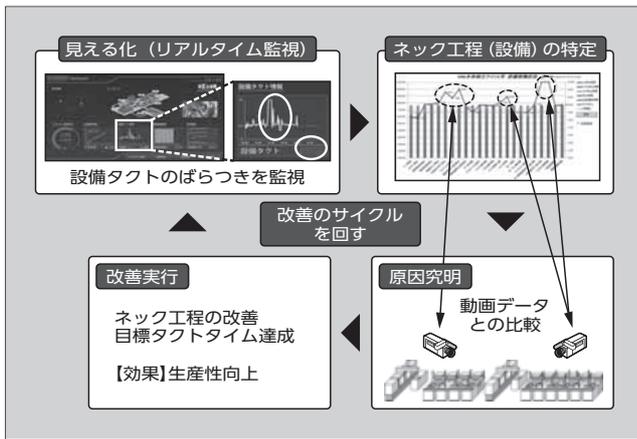


図5 ダッシュボード活用による改善事例

稼働情報を読み取り、ダッシュボードに詳細な稼働状況を表示する仕組みを構築し、稼働の見える化を図っている。

量産品の一貫自動化ラインでは、図5に示すように各設備の稼働状況やタクトタイムを一元的にダッシュボードに表示している。これにより、タクトの乱れが発生している箇所をいち早く特定することができた。さらに、Webカメラの映像を活用して原因を究明し、改善対策を施せるようになった。

今後は、このダッシュボードを進化させ、アナリティクス・AIの連携による解析力の強化を図っていく。

3.3 多変量解析による品質改善・予兆保全

富士電機が多変量解析ツール「MainGATE/MSPC」を使うと、個別データだけでは監視できない複数要因による異常の検出や品質と製造要因の関係から最適な製造条件が抽出できる。このツールを製造現場に適用し、品質改善と設備稼働の向上に取り組んでいる。

(1) 半導体製造における品質改善

富士電機の圧力センサは、Siウェーハの裏面をプラズマエッチングによってセンサ部の厚さを数十 μm と非常に薄く加工している。この厚さが規格範囲を逸脱すると感度不良となるため、高精度の加工が要求される(図6)。

品質の向上を図るため、製造プロセスのデータにバッチプロセス向けMSPCを適用して、厚さのばらつきの原因を究明した。

その結果、数十あるパラメータの中で、特定の二つのパラメータがQ統計量〔診断対象データの正常モデルから

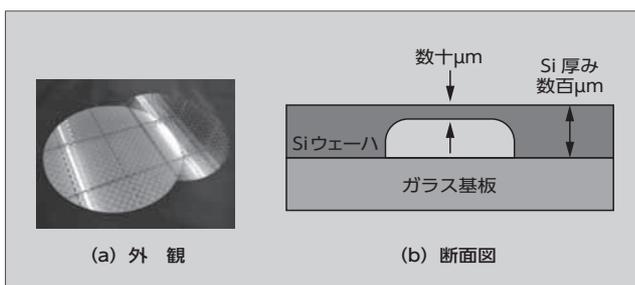


図6 ウェーハの外観と断面図

の乖離(かいり)度合い)への寄与度が高く、ばらつきのものであることが判明した。

この二つのパラメータを一定範囲に入るように制御することにより、厚さのばらつきを半減することができた。

(2) プレス加工における設備異常の予兆解析

プレス加工においては、抜きかすがパンチに付着しダイ穴から出てしまう“かす上がり”が大きな問題となっている。工具の摩耗、クリアランス量、加工油の粘度、金型の帯磁、パンチとダイの間に発生する吸引作用など、さまざまな発生要因が想定され、予兆検出が困難であった(図7)。

そこで、温度、電流・電圧、3軸加速度、ひずみなどの各種センサのサンプリング周期をそろえ、測定データを一元管理する機能を持つ、富士電機の「診断センサHUB」をプレス設備に装着し、モニタリングを行った。

正常運転時のデータを基に正常モデルを作成し、次いでかす上がりが発生した時点の前後のデータを解析した。その結果、かす上がりの発生前にセンシングデータのQ統計量が上昇することが分かり、予兆検出ができるようになった。現在、かす上りを防止するため、データの蓄積を進め詳細解析を行っている(図8)。

今後は、MSPCを使ったりリアルタイム解析を行って、かす上がりの兆候を捉えた時点で設備を停止させるか、アラームを発生させ、品質改善とともに設備の多台持ち化を図っていく。

3.4 熟練溶接作業のデジタル化による溶接品質の向上

溶接作業は、熟練技能者の高い技能に支えられたカン・

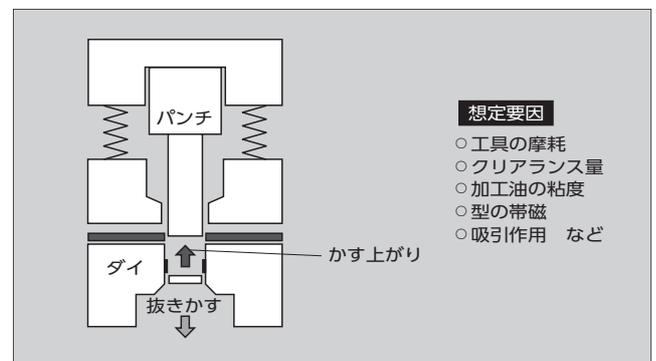


図7 かす上がりの発生

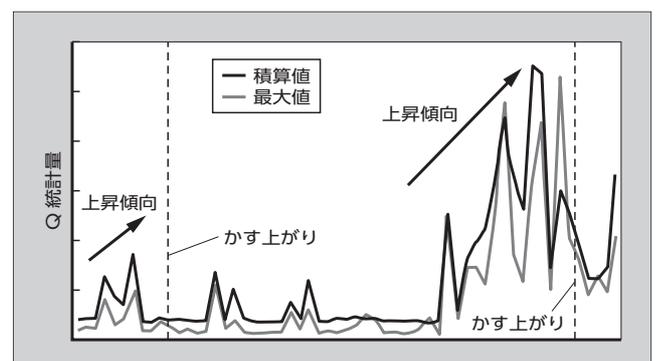


図8 かす上がりの兆候

コツ・ノウハウが必要であり、作業のばらつきが生産性や品質に大きな影響を及ぼす。

また近年、熟練技能者の高齢化に伴い、技能伝承が課題となっている。さらにグローバル拠点では、指導できる熟練技能者も不足している。現地技能者の育成は国内以上に困難であり、技能者育成のための教育も課題となっている。

そこで、溶接プロセスをデジタル化することで定量化し、技能伝承に活用することを推進している。

また、将来的には国内の労働力不足は確実であり、溶接プロセスの自動化も必要である。次に、溶接作業の自動化に向けた三つのステップと取組み事例について述べる。

(1) 溶接プロセスのデジタル化

溶接品質は、溶接部分の強度が重要である。溶接部の強度を確保するには、溶け込み深さや溶け込み状態を管理する必要がある。

溶接プロセスと溶接状態をデジタル化して定量化することにより、溶接品質の維持と向上につなげる。

(2) デジタル化の技能教育への活用

これまで、溶接技能者の育成はOJT（On the Job Training）が主体であり、経験の積重ねで技能レベルの向上を図ってきた。しかし、感覚的な指導や伝達のため、技能向上には長い期間が必要であった。そこで、早期育成ができるようにするため、センシング技術を活用して技能レベルの定量評価ができる技能診断システムを開発して適用を進めている（図9）。

溶接作業中、作業者は、視覚、聴覚、触覚などの五感から得られる情報で状態を判断している。中でも、大きさや形状など溶融状態の変化に応じて、溶接トーチを制御している。

技能診断システムは、溶接時の電流、電圧、送り速度、トーチ角度のデータのほか、画像センサで取得した溶融状態の計測結果をPC画面上に一覧表示する。溶接後に作業者自身が作業を定量的に振り返ることで、技能改善のポイントを明確にできる。

各工場の溶接現場のほか、新人技能研修教育に技能診断システムの運用を進めて、資格認定による品質の維持・向

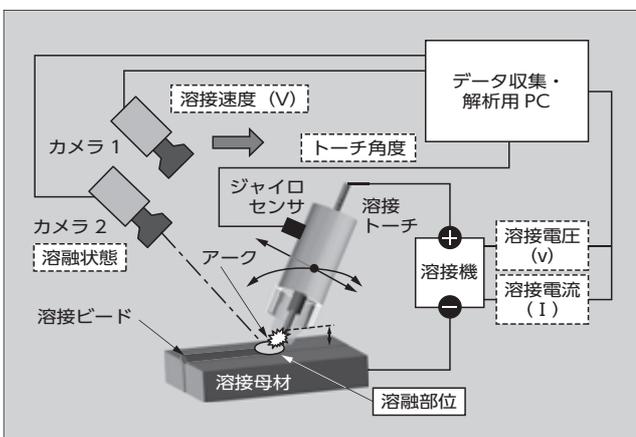


図9 溶接作業の技能診断システム

上に活用する。

(3) 溶融状態のセンシングによる難溶接作業の自動化

複雑な製品構造の場合、その構造に応じた溶接条件設定が必要である。そのため、ロボットによる自動化が難しく、手動による溶接が行われている。特に肉厚変動が大きい構造物の場合、安定した溶接ビートの状態を確保するため、技能者は溶融状態を目視確認しながら溶接トーチの送り動作を制御している。

富士電機では、このような溶接が難しい構造物に対し、溶融状態センシング技術を応用したロボット制御による自動溶接技術の開発を進めている。

ロボットハンドに装着した画像センサで溶融状態の変動を検出し、その情報をロボット動作にフィードバックを行う。これにより、常に安定した溶融状態を維持するように溶接トーチの送り速度を制御する。

本技術により、熟練技能者が目視で行っていた確認や判断の自動化が可能となり、肉厚変動が大きい構造物に対しても安定した溶接ビートの状態を確保できる。

今後、富士電機の各製品の溶接工程への自動化適用に向けて推進するとともに、溶接品質のさらなる維持・向上を強化していく。

4 あとがき

IoTを活用したものづくり改革について述べた。この革新をさらに推し進めていくには、生産技術とICT技術の融合、データサイエンティストをはじめとするIoT人材の育成、そして源流である設計との連携が重要となる。引き続き、富士電機のIoT製品・システムを積極的に活用するとともに関係部門と連携を密に取り、ものづくり改革を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 松井哲郎ほか. プラント制御におけるデータ分析技術. 富士電機技報. 2014, vol.87, no.1, p.33-37.



大野 勝史

設計・生産プラットフォームの構築、設計標準化活動に従事。現在、富士電機株式会社生産・調達本部生産技術センターものづくりIoT推進部主席。



山田 隆典

生産技術・製造技術の開発に従事。現在、富士電機株式会社生産・調達本部生産技術センター設備技術部。



成瀬 光洋

生産技術・製造技術の開発に従事。現在、富士電機株式会社生産・調達本部生産技術センター設備技術部主任。精密工学会会員。



自動販売機を活用した新しい情報サービスソリューション

New Information Service Solutions Utilizing Vending Machines

高松 英治 TAKAMATSU, Eiji

守田 昌弘 MORITA, Masahiro

徳増 匠 TOKUMASU, Takumi

富士電機は、IoT による付加価値サービスとして、商品の画像や広告を配信すると同時に、市場情報を提供する広告配信システムとデジタルサイネージ自動販売機を開発している。この自動販売機は、ディスプレイに広告や商品陳列画像を表示し、コンテンツサーバと連携している。制御部は、広告コンテンツの切替えをコントロールする機能、アプリケーションやサービスをつなぐ機能、通信の安全性を確保する機能、商品陳列画像などを更新する機能、市場情報を収集・作成する機能を持っている。また、カメラを用いて収集したデータから市場情報を分析し、集計を行うこともできる。

Fuji Electric has developed a digital signage vending machine with an advertisement distribution system that can provide product images and advertisements as well as relevant market information as part of value-added services leveraging IoT. The vending machine displays advertisements and product images on the front screen, and it is coordinated with a content server. The control module is equipped with functions to control the switch of advertising content, connect applications and services, ensure secure network connection, update the product images on display, and gather and compile market information. It can also use visual data gathered using a camera to analyze and aggregate market information.

① まえがき

近年、量販店やコンビニエンスストアの台頭により、自動販売機チャンネルでの売上げが減少している。そのため、飲料メーカーは、他社との差別化を行った自動販売機を望んでいる。これに応えるため、富士電機は2010年から大型ディスプレイで商品画像などを表示するデジタルサイネージ自動販売機（自動販売機）の普及を進めている。

デジタルサイネージ機器分野の国内市場は、年々増加し、東京オリンピック・パラリンピック競技大会が開催される2020年には、2017年の約2倍に拡大し、デジタルサイネージ機能を持つ自動販売機の需要も多くなると推定している（図1）。

富士電機は、IoT（Internet of Things）による付加価値サービスとして、商品の画像や広告を配信すると同時に、販売情報を提供する広告配信システムとデジタルサイネージ自動販売機を開発している。本稿では、この広告配信シ

ステムとデジタルサイネージ自動販売機を活用した新しい情報サービスソリューションについて述べる。

② 広告配信システムの概要

図2に今回開発した広告配信システムの概要を示す。広告主のコンテンツは、広告代理店を通じて広告配信システムに提供される。次に、広告配信システムに搭載した広告配信機能により、指定した日時に各自動販売機に配信する。自動販売機は、配信された広告と商品陳列画像を合成して表示する。

自動販売機は、広告表示の表示履歴を広告配信システムに上げ、広告配信システム側で表示結果を明細としてまとめる。さらに、自動販売機で収集・作成した販売商品や販売日時、購入者性別・年齢層などの市場情報を広告配信システムに上げ、広告主や広告代理店、自動販売機オペレータなどの関係者に提供する。

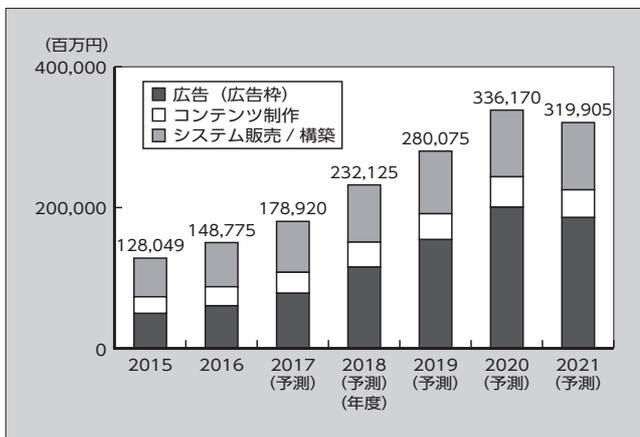


図1 デジタルサイネージ自動販売機の国内市場規模

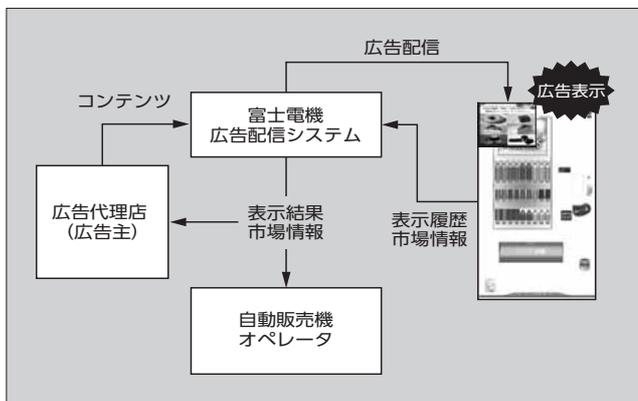


図2 広告配信システムの概要

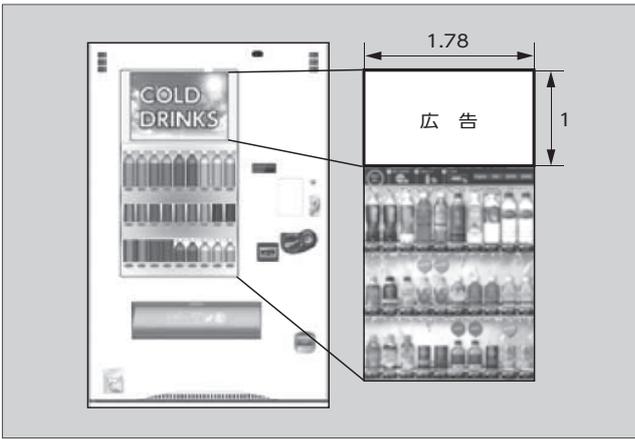


図3 自動販売機の前面の構成

表1 自動販売機の概略仕様

項目	概略仕様	機能など
表示部	48インチLCDディスプレイ	商品を表示する コンテンツを表示する
商品選択部	タッチパネル	商品を選択する
カメラ	192万画素カラー	人数・属性などを解析するための画像を撮影する
スピーカ	消費電力：3W 使用個数：2個 サイズ：φ50mm	広告のBGMや購買者にメッセージを伝える

3 デジタルサイネージ自動販売機の概要

3.1 構成と仕様

図3に今回開発した自動販売機の前面の構成を、表1に概略仕様を示す。この自動販売機は、Hot/Coldの一般的な缶飲料機をベースとし、最大で36種類の商品が搭載できる。

3.2 広告表示部

広告表示部のアスペクト比は、図3に示すように、1：1.78なので、主流のフルHD用に制作された広告が流用できる。また、ディスプレイ上部に広告表示部を配置することで、遠くからでも広告が見えるようにした。

4 制御部の機能と構成

4.1 機能の概要

図4に制御部の機能と構成を示す。広告配信システムは、次に示す五つの機能で構成されている。

(1) 機器の主導による広告コンテンツの切替え機能

コンテンツを取得するか取得しないかの判断を、機器側がコントロールする。

(2) SCE (Service Connect Engine)

ネットワーク上のアプリケーションやサービスをつなぐ機能を備えたミドルウェアである。

(3) VPN (Virtual Private Network)

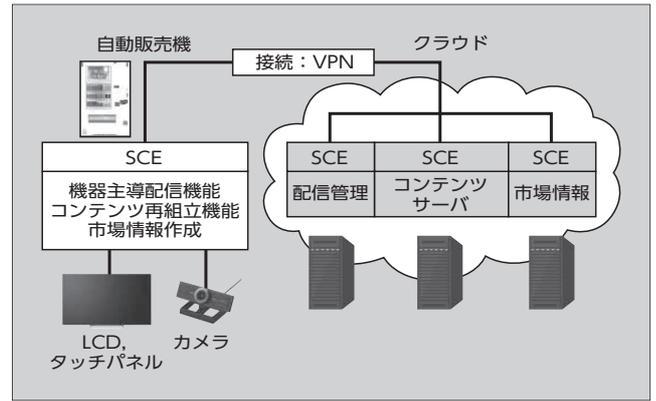


図4 制御部の機能と構成

通信の安全性を確保する。

(4) コンテンツ再組立機能

自動販売機の画像など制御を更新する。

(5) 市場情報の収集・作成

自動販売機のカメラで購買者などの情報を収集し、市場情報を作成する。

4.2 機器の主導による配信の要求機能

既存の自動販売機は、背景の表示変更、Hot/Cold表示の切替え、価格や商品の並び替えなど、多数の変更を自動販売機ごとに現場のオペレータが対応している。

また、自動販売機ごとに、1年を通じて歳時に合わせた商品構成や、広告の変更が発生する。さらに、設置、移動、撤去などにおいても、管理情報だけでなくこれらの変更が発生する。

このようなことから、設置した現場の状況を把握し、それに応じた商品配列や広告表示の選択など、クラウド側で判断できない部分がある。本システムにおいては、コンテンツの自動追加や更新を行うことができ、自動販売機ごとの設定や状態をよく知るオペレータが判断（機器主導）して、手動による広告コンテンツの切替え操作を行うことができる管理システムを構築した。図5に、機器の主導による広告コンテンツの切替え機能の概要を示す。

(a) 自動販売機が配信管理のコンテンツのリストから最

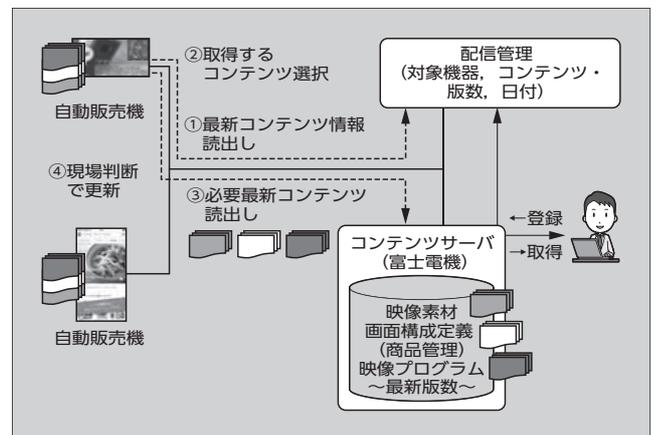


図5 機器の主導による広告コンテンツの切替え機能の概要

新情報を読み出す (図5①)。

- (b) 版数などから取得するコンテンツを判断する (図5②)。
- (c) コンテンツサーバにコンテンツを取りに行く (図5③)。
- (d) コンテンツを現場のオペレータが手動もしくは自動で更新することができる (図5④)。

4.3 ネットワーク上に配置するアプリケーションに接続するミドルウェア (SCE)

図6に示すように、本SCEは異なるハードウェアや異なるOS上に載る異なる言語 (Java, C言語など) で開発したアプリケーションを接続する。

従来、自動販売機の組込みソフトウェアは、C言語などで作られ、富士電機が独自に開発したミドルウェア (OSとアプリケーションの間に入るソフトウェア) 上で動作していた。

このミドルウェアを介して、従来の自動販売機と同様の販売などの制御を行うとともに、今回開発したアプリケーションによる画像表示やタッチパネルの制御を行う。さら

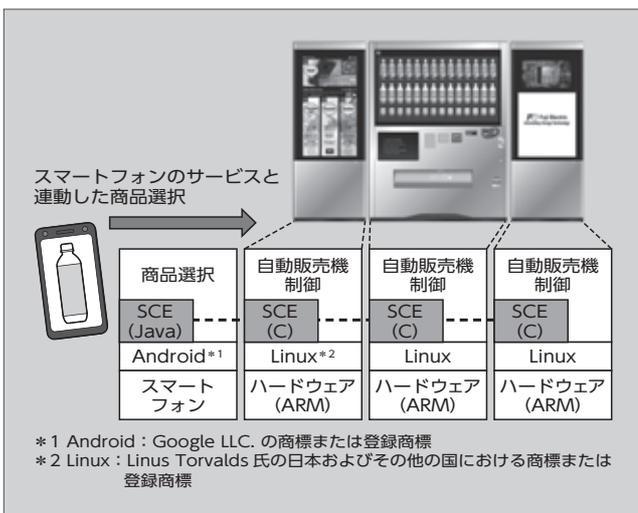


図6 SCEの概念

にクラウドで提供する他社サービスへの接続も行う。

そのため、異なるハードウェア上にあるアプリケーション間でイベントのやりとりができるようにして、データの振り分けを行うミドルウェアの機能を拡張した。それに当たり、前述の富士電機独自のミドルウェアで動くアプリケーションからのサービスの呼出し方 (サービス名、イベント、パラメータ) に機能を絞って軽量化したミドルウェアの接続を実現している。

このSCEは、HTTPSなどの通信関係を管理している。これにより、アプリケーションの開発者は、このSCEによってアプリケーションやサービスなどが、どのハードウェア上にあるかや、どのような通信であるかを意識することなく、アプリケーションを開発することができる。

4.4 VPN (Virtual Private Network)

広告コンテンツや商品陳列画像の改ざんや成り済ましなどの犯罪対策として、図7に示すように自動販売機とサーバ間は、VPNを使ってクラウドと端末をセキュアに接続している。

今回採用したVPNは、LANカード、通信路およびスイッチングハブをソフトウェアで仮想化する技術である。特徴は次のとおりである。

- (a) 低価格である。
- (b) ファイル転送速度が高速である。
- (c) 1対nの構成が容易である。

4.5 コンテンツの再組立て

自動販売機の広告や商品陳列などの画面は、操作、表示効果、位置、色および大きさなど顧客の要求も多い。このさまざまな顧客要求に対応するアプリケーションの設計には、オブジェクト指向言語でのGUI設計で知られるMVC (Model / View / Controller) の手法を採用し、機能を分割・整理して複雑化を防いだ。画面に関するアプリケーションは、コンテンツの表示位置、サイズ、回転などデータ構造を管理するModel部、画面に表示するロジックや各種画像の組立図 (XMLファイル) を管理する

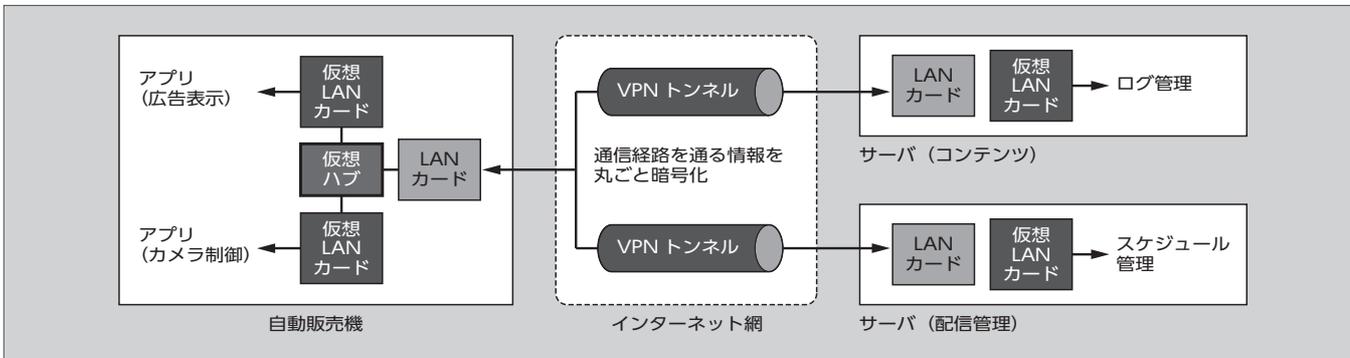


図7 ソフトウェアで仮想化するVPN事例

〈注〉Java : Oracle Corporation およびその子会社、関連会社の米国およびその他の国における商標または登録商標

View 部、外部からのイベントによって Model 部を操作する Control 部で構成している。このアプリケーションによって、自動販売機は、広告配信システムから受信したコンテンツを、組立図を基に、オペレータの更新操作や電源立ち上げ時に画像を更新する。

4.6 市場情報の収集・作成

デジタルサイネージ機器の多くは、ディスプレイに画像を一方的に表示する方式である。そのため、人がデジタルサイネージ機器の傍に立って、広告の効果測定を行っている。一方、開発した自動販売機では、販売商品や販売日時に加え、搭載したカメラを使って購入者の性別や年齢などの詳細な市場情報を自動で収集する。

さらに、広告主などコンテンツの提供側は、コンテンツで表現した意図や狙いとする対象者に適切にアピールできているかどうかに関心がある。そこで、時間、人数、年齢、性別、視線を軸とする視聴情報を提供できるようにしている。この情報は、広告代理店にとっても広告主を集める上で利用価値が高い。

また、自動販売機設置会社は市場情報のデータに基づいた売れ行き予測ができ、ロケーションに応じた適切な商品構成が実現できる。

広告を確実に視聴したことを確認したいという顧客の要求に応えるため、搭載したカメラによって顔の向きや視線が検出できるようにした。その上で、個人情報保護の観点から個人の特定につながらないように、次に示すデータだけを保存する。

- (a) 人体検出数
- (b) 年齢
- (c) 性別
- (d) 顔の向き
- (e) 視線

また、カメラで収集したデータから市場情報を分析し、集計を行うことができる（図8）。

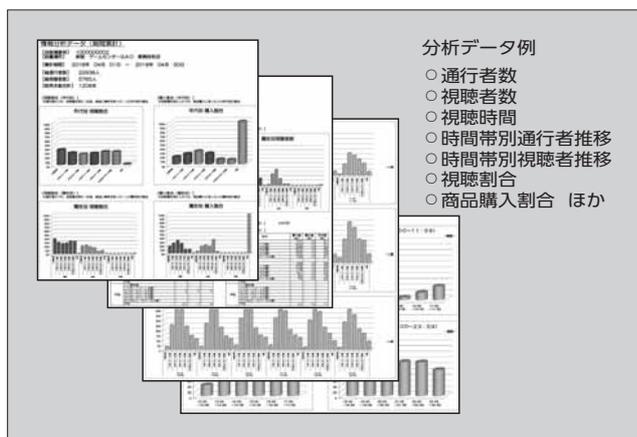


図8 実験分析の図



図9 実証実験機

5 実証実験の取組み

この広告配信システムの効果を実証するため、図9に示すように、自動販売機を実際に設置してデータを収集している。

この実証実験において、広告の有無の効果だけでなく、市場情報に基づく広告表示の選定方法を確立するための検討なども行っている。

6 あとがき

自動販売機を活用した新しい情報サービスソリューションについて述べた。開発した広告配信システムを使用することにより、さまざまな市場情報が取得できる。今後、取得したデータの分析だけでなく、将来予測による最適化を提供するため、多変量解析や確率推論を適用し、より精度の高い販売予測の実現に取り組んでいく所存である。

参考文献

- (1) “デジタルサイネージ市場に関する調査を実施（2017年）—スマートフォン連携、IoT活用等、コミュニケーションツールとしての需要が拡大—”. 株式会社矢野経済研究所. https://www.yano.co.jp/press-release/show/press_id/1698, (参照 2018-08-20).



高松 英治

自動販売機・店舗などの食流通部門の先行技術開発業務に従事。現在、富士電機株式会社食流通機器事業本部開発統括部要素開発部課長。



守田 昌弘

自動販売機の先行技術のエンジニアリング業務に従事。現在、富士電機株式会社食品流通機器事業本部開発統括部要素開発部。



徳増 匠

自動販売機および店舗機器の先行開発業務に従事。現在、富士電機株式会社食品流通事業本部開発統括部要素開発部。

特集
IoTから始まる新しい価値創出ソリューション



店舗作業の省力化に貢献するスマートショーケース

Smart Showcase That Contributes to Labor-Saving of Store Work

松井 敦 MATSUI, Atsushi

古井 達也 FURUI, Tatsuya

田中 良和 TANAKA, Yoshikazu

国内のコンビニエンスストア業界では、人手不足により人件費が高騰し、店舗内の作業の省力化の要求が高まっている。富士電機はこの要求に応えるため、コンビニエンスストアのさまざまな店舗作業のうち、商品管理の自動化により省力化できるスマートショーケースの研究開発を行っている。このスマートショーケースは、カメラを使った商品名称識別とパネルセンサを使った商品個数検出を組み合わせ、ショーケースに置かれた商品の商品名や個数などを自動で検出することができる。

Convenience stores in Japan are struggling with high labor cost due to staff shortages, and they need to save labor on in-store work. To address this problem, Fuji Electric engages in the research and development of a labor-saving smart showcase that helps automate goods management, one of many in-store tasks at convenience stores. This smart showcase automatically recognizes the name and quantity of products in it. It combines a camera to identify product names and panel sensors to detect the quantity.

1 まえがき

小売業においてもIoT（Internet of Things）の活用が加速している。米国では買い物客と商品の動きをカメラや重量センサなどを使って認識し、買い物客が商品を自分の買い物袋に入れてゲートを通すだけで決済が完了する食料品店の運営が始まっている。この店舗は、利用客をレジ待ちの煩わしさから解放する。

中国では運用コストを抑えることを狙いとして、コンテナ型の無人コンビニエンスストアやネット通販会社が運営する無人スーパーマーケットなどが誕生している。このような無人店舗では、中国の電子決済サービスのIDを入口のリーダーに読み取らせるとロックが解除され、利用者は店に入ることができる。購入商品をレジスペースに置くと、商品に貼り付けられた電子タグを基に合計金額の電子決済が行われる。

一方、国内のコンビニエンスストアでも、人手不足や人件費高騰から省力化の要求が高まっている。しかし、サービスの種類が多様であることやインフラとしての性格が強くなっているため、すぐに無人化店舗に移行していくのは難しい。そこで、売場作りに関するさまざまな店舗作業の改善による省力化が進んでいる。本稿では、省力化に貢献する富士電機のスマートショーケースの取組みについて述べる。

2 国内コンビニエンスストアの課題と富士電機のスマートショーケースによる取組み

国内では高齢化が進み、労働人口が減っていく中で、小売流通分野でも人手不足から今後も人件費の高騰が続くと思われる。さらに、コンビニエンスストアは売上を上げる

ために、次々と新たなサービスを追加してきたため作業の種類や量が増え、店員の負担となっている。そのため、人件費を抑えつつ、新サービスの提供余力を創出するための省力化が重点事項となっている。

富士電機は、国内コンビニエンスストアの省力化のニーズに応えるため、短期視点では売場作りの省力化とともに、中長期視点での自動化店舗、無人化店舗を実現するための要素の一つとしてスマートショーケースを開発している。

売場作りには、単に商品を陳列するだけでなく、商品の購入によって先頭商品がなくなった後に、奥の商品を前に出す前出し（顔出し）作業や、陳列を整えたり並びを変更したりする作業、商品補充作業、販売期限が近い商品を取り除く鮮度チェック作業などがあり、非常に負担が大きい。スマートショーケースは、これらの売場作りに関する店舗作業を省力化する。

3 スマートショーケースの特徴

スマートショーケースは、ショーケースの棚に置かれた商品の種類、個数、状態を自動的に検出することで、実際にショーケースに陳列されている店頭商品の管理を行うことが特徴である。

店頭商品の管理を行うことで、例えば、商品補充作業を行う際に、店内のどこにいても補充すべき商品や個数を確認できるため、余分な商品を運ぶ手間が減り、在庫が置いてあるバックヤードとショーケース間の往復回数が減るなどの省力化を行うことができる。また、わざわざ店内を回って陳列状況を確認しなくても、商品の前出し作業が必要な箇所の有無とその場所がどこかを知ることができ、売場作りを効率的に行うことができる。

スマートショーケースでは、奥行方向には同じ商品が並

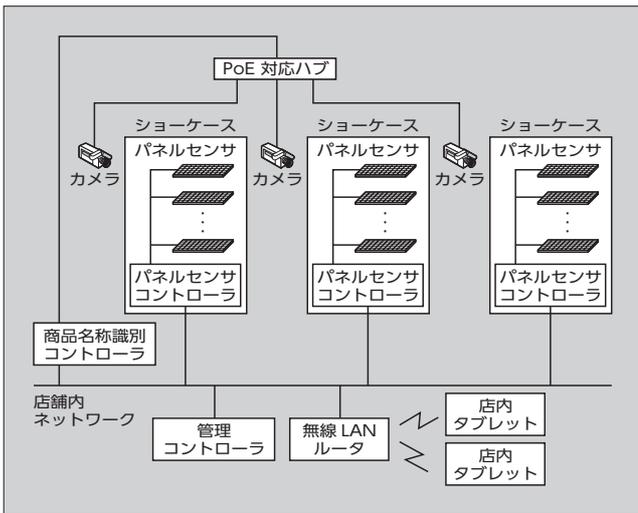


図1 システム構成図

んでいることを前提とし、商品名称識別コントローラで先頭商品の商品名と位置を識別し、パネルセンサコントローラで奥行方向に何個並んでいるかを検出する。

図1に示すように、スマートショーケースのシステムは主に次の装置で構成される。

(1) 商品名称識別コントローラ

ショーケースをカメラで撮影した画像から、先頭の陳列商品を識別する。

(2) パネルセンサコントローラ

パネルセンサを使ってショーケースの棚上の商品の個数を検出する。

(3) 管理コントローラ

商品名称識別コントローラと複数のパネルセンサコントローラからのデータを統合管理して、店内タブレットに商品の種類、個数、状態を通知する。

(4) 店内タブレット

店員がショーケースの商品陳列状態を確認するための情報を表示する。

コンビニエンスストアの商品を管理するシステムとして導入されているPOS（Point of Sales）システムが管理できるのは、店舗全体における商品在庫数である。そのため、POSシステムだけでは商品がショーケースにあるのか、バックヤードにあるのかを知ることはできない。一方、スマートショーケースではショーケースの商品を把握できるため、実際に店頭に出ている商品の個数を管理することができる。

一方で、経済産業省はコンビニエンスストア各社と“コンビニ電子タグ1000億枚宣言”を策定して、2025年までに全ての取扱い商品に電子タグを貼り付けて、商品の個品管理を実現することなどを宣言している。電子タグは離れたところから複数の電子タグの一括読取りが可能であることや、IDを書き込むことで商品が個別に識別可能となり、消費期限などの管理も可能になるなどの利点がある。課題は電子タグのコストや貼付コストを抑えることなどで

ある。

一方、スマートショーケースのカメラとパネルセンサによる方式は、商品に電子タグを貼り付けることなく、商品を識別して個数の検出が可能である。また、電子タグでは検出できない正確な商品位置が検出できるため、将来的に電子タグと組み合わせることで、商品位置を特定する機能を補完することも考えられる。

4 商品識別・検出技術

4.1 商品名称識別コントローラ

商品名称識別コントローラは、カメラ制御部と商品名称識別部で構成される。PoE（Power over Ethernet）対応ハブを介してギガビットイーサネットカメラと接続する。PoE対応ハブを使用するのは、カメラに電源を供給するためである。

図2に示すように、カメラは高さ約2.5mの店舗の天井部に設置する。ショーケース1台の商品陳列面全体を1台のカメラで撮影する。なお、商品の撮影方式として、ショーケースの各棚の天井部にカメラを取り付けて商品を真上から撮影する方式や、棚の先端にカメラを取り付けて商品を正面から撮影する方式なども考えられるが、次のような理由から店内天井部から撮影する方式としている。

- (a) 商品陳列作業時や商品購入時にカメラが邪魔にならない。
- (b) 陳列スペースが減らない。
- (c) 必要なカメラの台数が少ない。

カメラは各商品を鮮明に撮影する必要があるため、高解像度（14百万画素）の産業用カメラを使用している。実際にカメラで撮影した画像を図3に示す。

商品名称識別コントローラは、撮影画像からショーケースに置かれた先頭商品の商品名称の識別と位置を特定する。

商品名称の識別には、“特徴量照合方式”を採用している。これは、あらかじめ対象商品の画像を基に、機械学習によって抽出した商品の特徴量を照合データとして商品名称識別コントローラに登録しておき、カメラで撮影した画像の特徴量と照合するものである。照合データは、カメラからの商品の見え方がショーケース内の上下左右の商品の位置によって異なるため、さまざまな角度から撮影した画

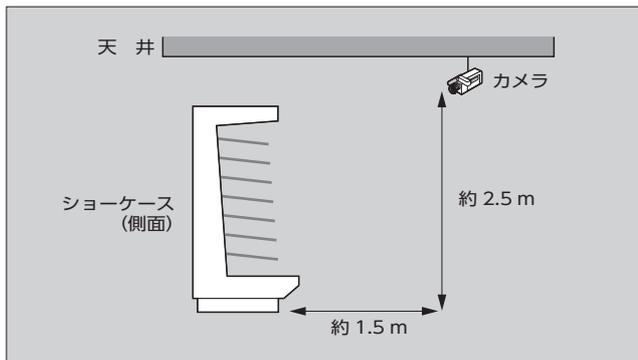


図2 ショーケースとカメラの位置関係



図3 カメラで撮影したショーケースの商品

像を基に作成して商品の識別精度を高めている。

4.2 パネルセンサコントローラ

パネルセンサコントローラは、パネルセンサを制御して商品の個数を検出する。パネルセンサはショーケースの各段の棚板と一体化して配置され、商品はパネルセンサの上に置かれる。

パネルセンサは、マトリックス状に送信電極と受信電極を配置した投影型静電容量方式のタッチパネル技術を応用している。商品がパネルセンサ上に置かれると、送受信電極間の静電容量が変化するので、マトリックスの各交差点の静電容量変化を感知して二次元上に描画することで、商品の接触面の形状が分かる。

コンビニエンスストアが扱う商品は、さまざまな容器の形状や材質があり、パネルセンサでの感知のされ方も異なるため、商品ごとに個数検出のアルゴリズムを切り替えている。

例えば、ペットボトル飲料や缶飲料のように接触面の形状が変形しにくく誘電率が大きい商品であれば、信号強度が強く個体ごとの差も少ないため、接触面の形をはっきりと検出できる。図4(a)に実際のペットボトル飲料22本を配置した写真を、図4(b)にそのペットボトル飲料22本をパネルセンサに載せたときの検出状況を二次元上に描画した例を示す。このような商品はあらかじめ登録してある描画パターンを使ってテンプレートマッチングにて商品個数を検出している。

一方、おむすびのように底面形状に個体差があり、変形しやすく接触面が不安定な商品は、接触面の信号強度に強弱が現れ、個体差や置き方によってばらつきが出る。そのため、テンプレートマッチングでの個数検出は困難である。図5(a)は、おむすび1個が置かれた範囲の検出状況を切り取った例である。このような商品は信号強度にしきい値を設けて有効な検知領域と無効な領域に分け(図5(b))、小さな領域をノイズとして除去し、有効領域の面積から商品個数を検出している。

これらの工夫により、カメラ画像による商品名称識別と、パネルセンサの商品個数検出を組み合わせることで、コン

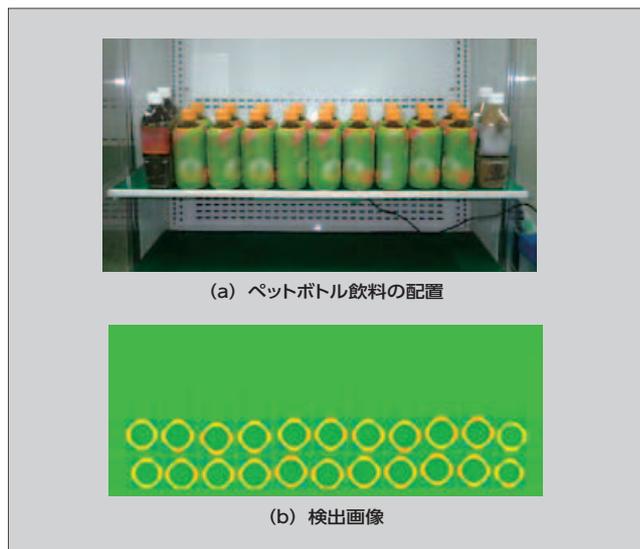


図4 ペットボトル飲料22本の検出例

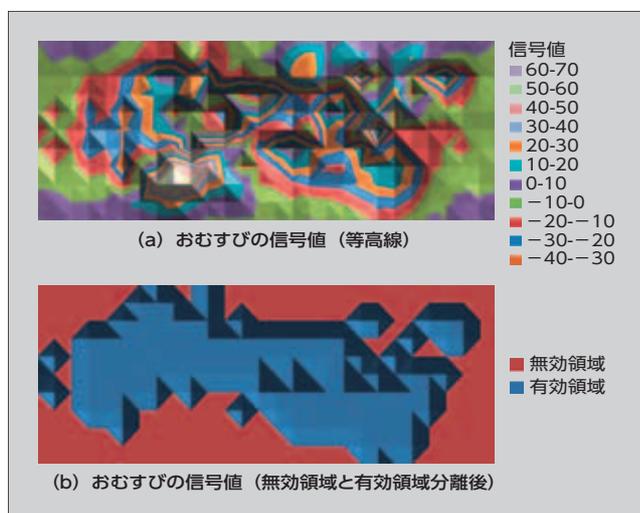


図5 おむすび1個の検出(抜粋)

ビエンスストアの飲料、おむすびなど代表的な70商品を対象に、ショーケースの棚に置かれた商品の商品名称、個数、状態を当初目標の80%を超える94%の精度で識別できている。

5 適用例

スマートショーケースのプロトタイプを、2018年2月に開催されたスーパーマーケットトレードショーに出展した。図6にプロトタイプを示す。プロトタイプでは、上から3段目の棚にパネルセンサを配置した。展示会場の都合からカメラは使用せずに先頭商品の位置、種類は固定とした。プロトタイプでは、10種類の陳列商品の商品名称、個数、補充必要数の一覧をディスプレイに表示し、商品を手にとると個数、補充必要数がリアルタイムに変化するデモを行った。スマートショーケースの特徴である電子タグが不要であることがとても好評であった。

富士電機 IoT プラットフォームの全体像

Overview of Fuji Electric IoT Platform

山田 隆雄 YAMADA, Takao

福住 光記 FUKUZUMI, Mitsunori

今、世界のあらゆる業種で IoT (Internet of Things) を活用したビジネス適用が進んでいる。富士電機は、さまざまな要素技術およびそれらを組み合わせるシステム化技術をベースとして、富士電機 IoT プラットフォームを開発した。本プラットフォームは、富士電機が強みを持つ現場サイドのエンジニアリング、現場で培ってきたアナリティクス・AI、ならびに他社も含めた多くのフィールド機器との接続技術を、容易かつ安全・安心に結合し、顧客価値創出ソリューションを実現するための共通基盤である。

There is a worldwide trend in many industries today to use the Internet of Things (IoT) for their businesses. Fuji Electric has developed the Fuji Electric IoT platform based on our various elemental technologies and system technology that combines them. This platform is the common foundation that can integrate field engineering, in which Fuji Electric excels, field-based data analytics, and multi-vendor connection technology for field devices to easily deliver customer-value creation solutions in a secure and safe manner.

1 まえがき

今、世界で、製造、流通、社会インフラなどをはじめとしたあらゆる業種において、IoT (Internet of Things) を活用したビジネス適用が進んでいる。IoT は、実世界のあらゆるモノからデータを取り出し、収集したデータからこれまでにない価値を生み出したり、新しいビジネスモデルを構築したりする手段を提供する。

IoT による多様なサービスを提供していくためには、多種多様なフィールド機器やセンサのデータを収集する技術、収集したデータを活用するためのデータの分析技術や解析技術、さらにはデータを安全に扱うための高度なセキュリティ技術を持つことが必要不可欠である。これらを実現す

るさまざまな要素技術およびそれらを組み合わせるシステム化技術をベースとして、富士電機 IoT プラットフォームを開発した。

2 富士電機 IoT システムの全体像

富士電機の IoT システムの全体像を図1に示す。富士電機は、社内工場において IoT 技術の適用効果を実証しつつ、そこで得られた知見を組み込みながら、顧客の課題解決に向けたソリューションを提供している。富士電機は、工場の設備、ライン、工場全体の省エネルギー（省エネ）、生産性向上、品質向上および予知保全など、また、店舗での省力化や作業員支援など、IoT 技術を活用することで、こ

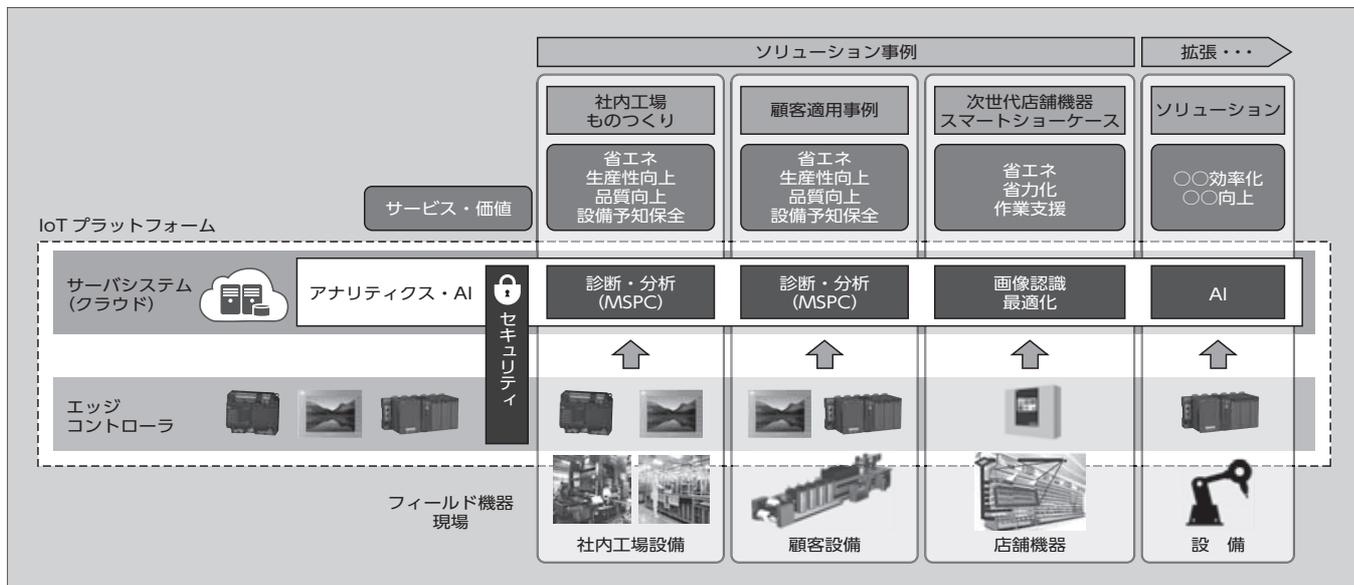


図1 富士電機 IoT システムの全体像

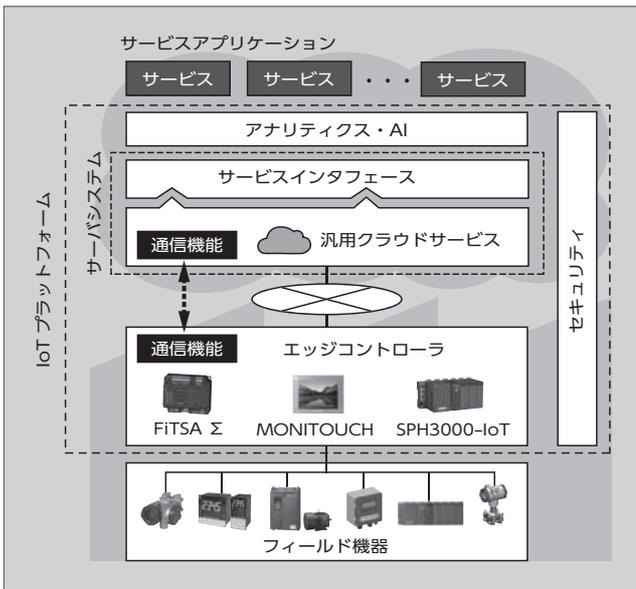


図2 IoTプラットフォーム

これまでになくより良いサービスと価値を顧客に提供する。本プラットフォームは、富士電機が強みを持つ現場サイドのエンジニアリング、現場で培ってきたアナリティクス・AI、ならびに他社も含めた多くのフィールド機器との接続技術を、容易かつ安全・安心に結合し、顧客価値創出ソリューションを実現するための共通基盤である。IoTプラットフォームの構成を図2に示す。

IoTプラットフォームは、現場データを収集するエッジコントローラ、サービスアプリケーションの実行環境を提供するサーバシステム、それらをつなぐ通信機能、システムの動作およびデータを保護するセキュリティ機能、ならびに収集したデータを分析・解析するアナリティクス・AIから構成される。

本プラットフォームのクラウドサービスにはオープンソースソフトウェアを、通信プロトコルとセキュリティには標準技術（デファクトスタンダード）を、エッジコントローラとアナリティクス・AIには富士電機独自の技術をそれぞれ適用し、サービスアプリケーションのポータビリティと差別化を実現している。

③ IoTプラットフォーム

3.1 サーバシステム

サーバシステムは、顧客が必要とするサービスを実現するサービスアプリケーションの実行環境を提供する。サーバシステムには、サービスアプリケーションの運用における高信頼性と高安定性の確保、運用費が低廉であること、さらには、新規サービス、顧客、機器などの追加に容易に対応できることなどが要求される。

そこで、サーバシステムは汎用クラウドサービスを核として構築した。クラウドサービスは、さまざまなベンダ（クラウドベンダ）が提供しており、顧客によっては特定のベンダを指定することがある。図2に示すように、汎用

クラウドサービス上にサービスインタフェースを介してサービスアプリケーションを実装する構成とした。このサービスインタフェースにより、さまざまなベンダが提供するクラウドサービスの機能差を吸収し、富士電機が提供するサービスアプリケーションを、ユーザが指定するクラウド環境上に容易に実装することができるマルチベンダ対応を実現している。

また、エッジコントローラとのデータ送受信を行う通信機能では、標準プロトコルであるMQTT（Message Queue Telemetry Transport）を採用し、他社のクラウドサービスにも容易に接続可能とした。さらに、通信すべきエッジコントローラを特定し、通信の安全性を確保するための認証機能などを持っている。

加えて、サービスアプリケーションが正常に動作しているかを監視するため、サーバシステムの運用管理を行っている。この運用管理では、ユーザやサービスアプリケーションの登録・追加・変更管理や異常状態検知のためのパフォーマンス監視、リソース監視、ネットワーク監視およびログ監視などを行い、異常検出時にはシステム運用者に通知する機能を提供する（161ページ“汎用クラウドサービスを利用したサーバシステム”参照）。

3.2 エッジコントローラ⁽¹⁾

エッジコントローラは、現場のデータを収集し、上位のサーバシステムに送信するなどのゲートウェイ機能の役割を担っている。そのため、フィールド機器のデータを収集するインタフェースのほか、サーバシステムとの通信機能やセキュリティ機能を持っている。

富士電機は、これまで多くのプラント監視や工場のライン制御などを手がけており、現場のデータを収集し、それらのデータを活用して、プラントの監視制御や工場のライン制御・設備管理などのソリューションを提供してきた。このような実績を積み重ねる中で培った現場におけるデータ収集のノウハウを生かし、現場側のIoT化のニーズに応えるために、用途とコストに合わせたエッジコントローラを開発している。

表1に示す富士電機が提供するエッジコントローラは、PLCやインバータ、NC加工機、ロボットなど、数百種類のフィールド機器と接続が可能であり、用途に応じた機器を選択することで現場のIoT化に大きく貢献する。

これらのエッジコントローラは、従来のデータ収集端末としての機能だけではなく、上位ネットワークの負荷低減やセキュリティなどの面から現場の生データをそのままサーバに上げずに、エッジコントローラでデータの一次処

表1 富士電機のエッジコントローラと特徴

機種	特徴
FITSAΣ	小型、高い汎用性、機器接続性
MONITOUCH V9-IoT	現場でのリアルタイム画面表示、機器接続性
SPH3000-IoT	PLCの特長を生かした高速リアルタイム処理

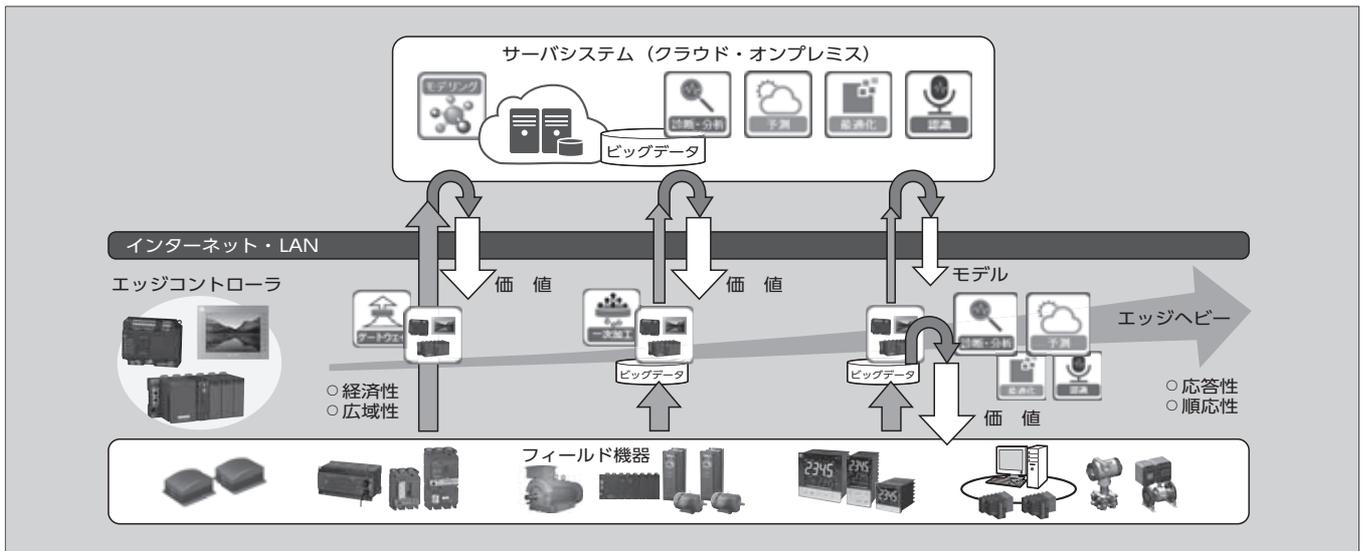


図3 エッジヘビー化への対応

理を行う機能を持っている。さらに、従来、サーバシステムでのみ実行されてきた、データ解析・予測および最適化などの高度な処理の中で、リアルタイム性が必要なものを、エッジコントローラ側で機能分担をすること（エッジヘビーと呼ぶ）も可能であり、リアルタイム応答を必要とする分野へのソリューション提供を実現する。図3にエッジヘビー化への対応を示す（165ページ“現場機器とサイバー空間との接続を実現するエッジコントローラ”参照）。

3.3 セキュリティ

IoTによって全てのモノがネットワークに接続されることで、新たなリスクがモノやその利用者に生じることとなった。

システムへの不正侵入などによりサービスが妨害されたり、IoT機器やシステムに保存されている個人のデータや工場の生産情報などの重要な情報の改ざんや漏えいが引き起こされたりする危険性がある。さらに、現場機器の制御にまで攻撃の影響が及んだ場合、生命が危険にさらされる場面さえも想定される。

利用者が安心してIoTのフィールド機器やシステムおよびサービスを利用できる環境を構築する必要がある。そこで、富士電機は、国際標準規格であるISO/IEC27017:2015やIoTセキュリティガイドラインに基づき、IoTシステムのセキュリティポリシーを新たに策定した。このセキュリティポリシーを軸に、図4に示すように、組織的および人的な管理運用体制と、技術的および物理的なメカニズムによる対策によってリスクの低減、重要情報の保護を図っている。

(1) 管理運用体制面におけるセキュリティ対策

組織的対策として、富士電機は、情報セキュリティに関するリスクを体系的に分類し、管理推進する体制を構築している。また、富士電機グループ内で発生する情報セキュリティインシデントへの対応および予防を担うFeCSIRT (Computer Security Incident Response Team)

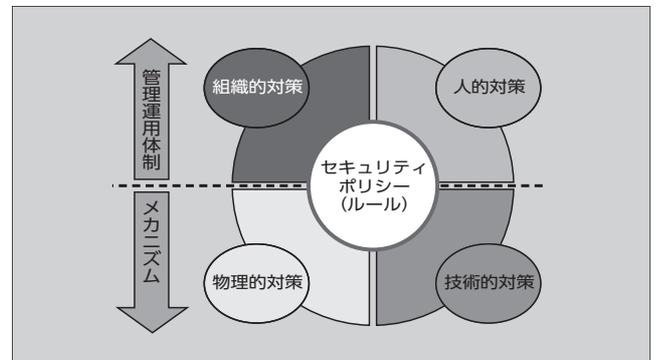


図4 セキュリティの考え方

に、IoTとしてのシステムの監視体制やインシデントへの対応体制を構築している。

人的対策としては、富士電機の従業員へのセキュリティに対する教育および訓練により意識向上を図り、セキュリティの強化を行っている。

(2) メカニズム面におけるセキュリティ対策

物理的対策として、入退室管理や施錠などによるIoT機器の物理的保護と情報資産の盗難防止を実施している。

技術的対策としては、サーバシステム、エッジコントローラおよび通信それぞれにおいて、不正使用や外部からの不正アクセスなどによる情報漏えいや、サービスの妨害に対応するための高度なセキュリティ技術を適用している（175ページ“IoTシステムのセキュリティ”参照）。

3.4 アナリティクス・AI

アナリティクス・AIは、統計、機械学習、数理応用、および人工知能技術を活用し、診断・予測・最適化・認識を行う技術の総称であり、本プラットフォームのコア技術に位置付けられている。具体的には、プラントや設備、生産ラインなどから稼働データを学習し、目的に応じたモデルを生成し、このモデルを用いて、エネルギーの最適利用、設備の安定稼働、生産性・品質向上、労働生産性向上など

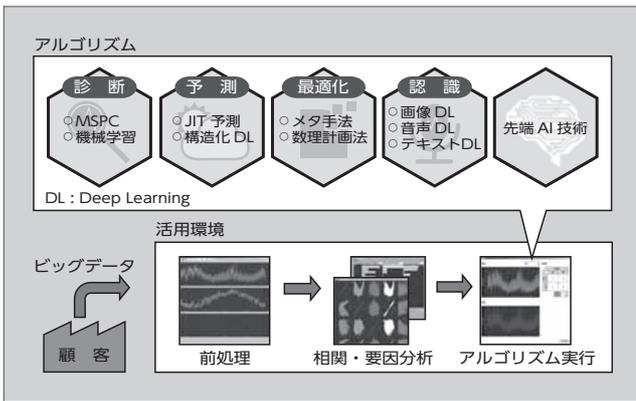


図5 アナリティクス・AI

の顧客価値を導き出すことが多い。産業分野や流通分野では、対象となる機器、設備およびシステム、さらにそれらの用途ごとに、その構成、目標値、入力パラメータ、制御応答特性および使用環境などが異なること、収集できる学習データ量が制約されること、AIにおいて一般的であるブラックボックス的推論が信頼性確保の面から敬遠されがちなこと、などの固有の課題がある。

富士電機は、このような課題を解決するために、20年以上にわたってアナリティクス・AIの開発を継続しており、多くの技術を保有している。図5に示すアナリティクス・AIの富士電機の代表的な四つの技術について次に述べる。

(1) 診断

多くの適用実績を持つMSPC (Multivariate Statistical Process Control)に加え、機械学習を用いた技術の一つにKernel-PCA (Principal Component Analysis)がある。これを活用した、非線形モデルによる異常診断や余寿命推定などのソリューションを持ち、工場内の各種設備、太陽光発電、変圧器および建物などの診断や要因分析に適用している。

(2) 予測

JIT (Just in Time) 予測や多層ニューラルネットワーク技術 (ディープラーニング) を用いた需要予測や予兆検出などのソリューションを持ち、プラント、工場、電力需要のほか、作物の収穫量などの予測に適用している。

(3) 最適化

エネルギープラント最適運転や最適発電計画などのソリューションがあり、FEMS (Factory Energy Management System), BEMS (Building and Energy Management System), CEMS (Cluster Energy Management System) などの各種EMSやプラント、データセンターのエネルギーコストの最適化、電力会社の発電計画などに適用している。

(4) 認識

音声認識および画像認識などのディープラーニングを活用したソリューションがあり、スマートショーケースの商品認識、植物工場および製造現場における保全作業に適用している。

一般にアナリティクス・AIの適用プロセスの80%は、前処理といわれている。この前処理には、学習データのクレンジングやモデリングに代表される作業が占めており、解析技術者が時間をかけ、試行錯誤するところとなっている。この前処理プロセスの効率向上を図るため、クレンジングやモデリングを自動化するツールを開発した。

本ツールにより、入力データの欠損値や異常値の除去、置換えや補完などのクレンジング処理の効率化、可視化機能による診断可否の判断の効率化、過学習防止機能による診断・予測の精度向上などが図られた。引き続きアナリティクス・AIの活用に向け、データ解析作業の短縮化、効率化に向けた開発を行う (169ページ“価値創出のコアとなるアナリティクス・AI”参照)。

4 あとがき

富士電機 IoT プラットフォームの全体像について述べた。富士電機のIoTプラットフォームは、IoTの広がりを見据え、富士電機が持っていないソリューションサービスやアナリティクス・AIなどを持つ他社とも連携し、新たな顧客サービスの提供ができるようさらなる機能拡張を進めていく所存である。

参考文献

- (1) 佐藤厚志. “産業分野におけるIoTへの取り組みと事例”. スマートグリッド. 大河出版, 2018, 1月号. p.13-17.
- (2) ISO/IEC27017:2015.
- (3) IoTセキュリティガイドラインVer1.0. IoT推進コンソーシアム・総務省・経済産業省. 2016.



山田 隆雄

IoTプラットフォームの企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センターIoTプロジェクト室。計測自動制御学会会員。



福住 光記

制御システムの開発・企画に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センターIoTプロジェクト室主幹。

汎用クラウドサービスを利用したサーバシステム

Server Systems Utilizing General-Purpose Cloud Service

宮崎 剛 MIYAZAKI, Tsuyoshi

喜多村 卓 KITAMURA, Takashi

竹内 修 TAKEUCHI, Osamu

富士電機は、汎用クラウドサービスを利用して、サービスアプリケーションによるIoTサービスの実行環境を提供するサーバシステムを開発した。さまざまなクラウドベンダが提供する汎用クラウドサービスの差異を吸収し、サービスアプリケーションのクラウドベンダ間ポータビリティを実現する機能を持つ。また、エッジコントローラと通信し、収集したデータをデータベースに格納する機能、ならびにサービスアプリケーションの実行状態やリソースの負荷状態を監視する機能を持つ。サーバシステムを利用することで、顧客価値の高いIoTサービスを高品質かつ迅速に提供する。

Fuji Electric has developed a server system that offers an execution environment for IoT services using service applications on a general-purpose cloud service. It absorbs the difference between the cloud services provided by various cloud vendors, allowing service applications to have portability between cloud vendors. Other features include communicating with edge controllers, saving gathered data on the database and monitoring the states of running service applications and resource load. Utilizing server systems allows Fuji Electric to quickly deliver high-quality IoT services that increase customer value.

1 まえがき

富士電機は、IoT (Internet of Things) サービスビジネスを普及させるため、富士電機 IoT プラットフォームを開発した。その構成を図1に示す。富士電機 IoT プラットフォームにおいては、お客さまが必要とするサービスを実現するためのサービスアプリケーションの実行環境を提供する部分をサーバシステムと呼び、汎用クラウドサービスを利用して構築した。汎用クラウドサービスを利用することにより、顧客規模に応じてインフラやハードウェアのリソースを柔軟に追加、削除することができる。これにより、新しいIoTサービスを提供する際にはリードタイムを短縮できるため、初期コストやランニングコストを抑え

ることができる。また、運用時の障害対応をクラウドベンダに任せるので、運用保守の手間が軽減する。さらに、クラウドベンダが提供する複数の地域でバックアップを行うことで地震や水害などに対して耐災害性の高いシステムが実現する。

本稿では、富士電機 IoT プラットフォームにおけるサーバシステムの全体像、およびサーバシステムを構成する各機能について述べる。

2 サーバシステム

富士電機 IoT プラットフォームにおけるサーバシステムでは、次に示すことが要求される。

- 小規模な構成でシステム構築が容易にできること
- IoTサービスの追加や接続するエッジコントローラの追加などによるリソースの拡張が容易にできること
- 他社製エッジコントローラや他社提供サービスと連携したサービスを展開できること
- セキュリティが確保できること
- 安定した運用ができ、運用保守が容易にできること
- サービスを海外顧客にも展開できること
- オンプレミス^(注)で提供する既存サービスを継続して提供できること

図2にサーバシステムの構造を示す。これらの要求を満たすため、サーバシステムでは、クラウドベンダが提供する汎用クラウドサービス(表1)を採用し、次に示す機能を開発した。

〈注〉オンプレミス (on-premises) : サーバやソフトウェアなどの情報システムを使用者(通常は企業)が管理する設備内に設置・導入し、運用すること

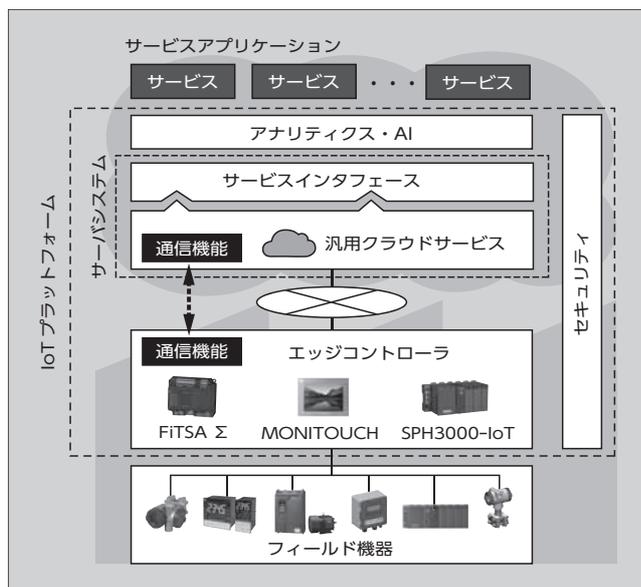


図1 富士電機 IoT プラットフォームの構成

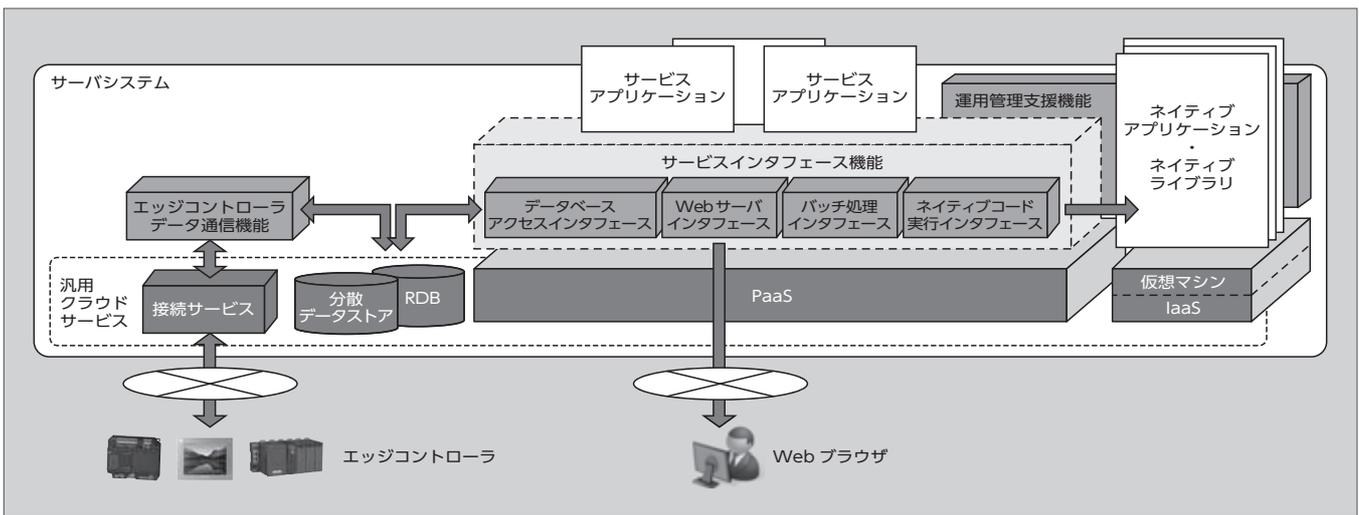


図2 サーバシステムの構造

表1 汎用クラウドサービス一覧

サービス名称	サービスの説明
RDB (Relational Database)	○高い可用性を持ったマネージドデータベース ○ディスク容量拡張などのスケールアップが可能
分散データストア	○テキストデータやバイナリデータなどを蓄積するマネージドデータベース ○ディスク容量拡張やクラス追加などのスケールアップが可能
PaaS (Platform as a Service)	○サービスアプリケーションが稼動するためのハードウェアやOSなどのプラットフォーム ○オープンソースのCloud Foundryを利用 ○使用するハードウェアのリソース拡張が可能
IaaS (Infrastructure as a Service)	○情報システムの稼動に必要なハードウェアやネットワークなどのインフラ環境 ○使用するハードウェアのリソース拡張や複数のネットワーク階層に分割したセキュアな通信が可能
仮想マシン	○IaaS上でユーザが占有できるコンピュータ環境 ○使用するハードウェアのリソース拡張が可能
接続サービス	○エッジコントローラからのデータを簡単かつセキュアに収集する環境 ○エッジコントローラの追加に伴うリソース拡張や収集したデータに対するアクセス制限が可能

(1) サービスインタフェース機能

サービスアプリケーションのクラウドベンダ間ポータビリティを実現し、ユーザに提供するサービスアプリケーションを効率的に開発するための共通的なインタフェースを提供する。

(2) エッジコントローラデータ通信機能

フィールドでデータ収集を担うエッジコントローラと通信し、エッジコントローラが収集したデータを分散データストアに格納する。

(3) 運用管理支援機能

サービスアプリケーションの実行状態やリソースの負荷状態を監視したり、異常発生時には異常を通知したりすることでサービス運用時の品質を向上する。

③ サービスインタフェース機能

本機能では次に示すことが要求される。

- (a) 顧客都合により特定のクラウドベンダを指定されるケースが想定されるため、マルチベンダに対応すること
 - (b) サービスアプリケーションの追加やユーザ数の増加などに迅速に対応できること
 - (c) ユーザが安心してサービスアプリケーションを利用できること
 - (d) さまざまなWebブラウザを使用できること
 - (e) さまざまな形式（数値、テキスト、画像、音声など）のデータを高速に扱うことができること
 - (f) 既存サービスを利用できること
- これらの要求を満たすため、次に示す4種類のインタフェースを開発した。

3.1 データベースアクセスインタフェース

データベースアクセスインタフェースは、汎用クラウドサービスが提供するRDB (Relational Database) と分散データストアにアクセスするためのインタフェースである。

クラウドベンダが提供する汎用クラウドサービスは、クラウドベンダごとに採用するRDBや分散データストアが異なっており、データベースアクセスインタフェース内でデータベースの差異を吸収する必要がある。そこで、サービスアプリケーションからデータベースにアクセスするためのインタフェースは共通的なインタフェースとし、インタフェース内で各種データベースにアクセスする処理を個々に実装することにより、データベースの差異を吸収した。この結果、特定のクラウドベンダに依存せず、さまざまな汎用クラウドサービスの利用を可能とした。また、データベースとして、テキストデータやバイナリデータを蓄積することが可能な分散データストアを利用することで、さまざまな形式のデータを扱うことができる。

3.2 Webサーバインタフェース

Webサーバインタフェースは、顧客に公開するWeb

アプリケーションを効率的に開発するためのインタフェースである。

Web アプリケーションを効率的に開発するために OSS (Open Source Software) で提供される Model-View-Controller フレームワークを採用し、ユーザ認証やユーザごとのアクセス制限を行うセキュリティ機能、ユーザ数の増加に対応したセッション管理機能などを開発した。この結果、ユーザは自分が利用したい Web ブラウザを使用し、安心して Web アプリケーションを利用できる。また、ユーザ数の増加にも迅速に対応できる。

3.3 バッチ処理インタフェース

バッチ処理インタフェースは、集計や帳票作成などのバッチ処理アプリケーションを効率的に開発し、実行するためのインタフェースである。

各バッチ処理を高速に実行し、かつ、複数のバッチ処理を同時に実行するためのマルチスレッド・マルチインスタンスにおける並行処理実行機能や分散処理実行機能などを開発した。この結果、新たなサービスアプリケーションを追加した場合にも、既存のサービスアプリケーションへの影響を最小限にとどめることができる。

3.4 ネイティブコード実行インタフェース

ネイティブコード実行インタフェースは、C 言語で記述されたアプリケーションやライブラリを実行するためのインタフェースである。

通常、サービスアプリケーションは PaaS (Platform as a Service) 上で実行されるため、オンプレミスで提供している C 言語で記述された既存サービスやアナリティクス・AI (Artificial Intelligence) サービスを活用することができない。そこで、本サーバシステムでは、IaaS (Infrastructure as a Service) 上の仮想マシンに配備された既存サービスやアナリティクス・AI サービスを PaaS 上のサービスアプリケーションから実行する機能を開発し、これらのサービスを実現できるようにした。

4 エッジコントローラデータ通信機能

本機能では次に示すことが要求される。

- 他社製のエッジコントローラや IoT 機器とも通信できること
- 接続台数が増えても、容易に通信できること
- エッジコントローラとサーバシステム間で安全に通信できること
- 今後の用途拡張に備えて、さまざまな形式（数値、テキスト、画像、音声など）のデータを通信できること

4.1 デファクトスタンダードプロトコルの採用

エッジコントローラとサーバシステム間の通信では、デファクトスタンダードとして、広く利用されている

MQTT (Message Queue Telemetry Transport) プロトコルを採用した。この結果、他社製のエッジコントローラや IoT 機器と通信でき、また、接続台数が増えた場合でも容易に通信できる。

4.2 接続認証

エッジコントローラが送信するデータには、機器を認証するアクセストークンが付与されている。サーバシステムでアクセストークンを検証することで、通信を許可されたエッジコントローラだけが通信できる。この結果、エッジコントローラとサーバシステム間で安全に通信できる。

4.3 分散データストアの採用

エッジコントローラから送信されたデータを分散データストアに格納する。分散データストアに格納するデータフォーマットとしては、さまざまなデータ形式に対応可能な JSON (JavaScript Object Notation) 形式を採用した。この結果、エッジコントローラとサーバシステム間で計測値や画像などさまざまなデータを通信できる。

分散データストアに格納されたデータは前述のサービスインタフェース機能を介して、サービスアプリケーションが利用できる。

5 運用管理支援機能

本機能では次に示すことが要求される。

- サービスアプリケーションが安定して運用できること
- 運用管理が効率的に実施できること
- 異常発生時、迅速に復旧作業が実施できること
- 異常発生時、他のサービスアプリケーションへの影響を防止できること

これらの要求を満たすため、表 2 に示す機能を開発した。

表 2 運用管理支援機能

機能名称	機能の説明
アプリケーション監視	<ul style="list-style-type: none"> ○さまざまなサービスアプリケーションの生存状態やログを監視し、異常発生をリアルタイムに検知する。 ○サービスアプリケーションの安定運用、迅速な復旧作業が可能になる。
リソース監視	<ul style="list-style-type: none"> ○PaaSやIaaS上の仮想マシンのリソース状態を監視し、リソース不足などの異常をリアルタイムに検知する。 ○サービスアプリケーションの安定運用、迅速な復旧作業、異常発生時の拡散防止が可能になる。
異常検知時メール通知	<ul style="list-style-type: none"> ○アプリケーション監視やリソース監視で検知した異常を運用管理者にメールで通知する。 ○運用管理の効率化、迅速な復旧作業が可能になる。
運用監視ポータルサイト	<ul style="list-style-type: none"> ○サービスアプリケーションの稼動状態を表示するポータルサイトを提供する。 ○サービスアプリケーションの安定運用、運用管理の効率化が可能になる。

⑥ あとがき

汎用クラウドサービスを利用したサーバシステムについて述べた。汎用クラウドサービスを利用することにより、顧客価値の高いIoTサービスを高品質、かつ、迅速に提供する。また、サーバシステムでは、各種汎用クラウドサービス間の差異を吸収することにより、お客さまが指定するクラウドベンダを利用できる。

今後は、さらに顧客価値の高いIoTサービスを提供するために、他社が提供するサービスアプリケーションとの連携機能や、富士電機のサービスアプリケーションを他社に提供する機能などを開発し、サーバシステムの機能拡充に取り組んでいく所存である。



宮崎 剛

IoTシステムの研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センターデジタルプラットフォーム開発室組込システム研究部主査。



喜多村 卓

公共分野向けおよびIoTシステムの開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部開発統括部システム開発センターHMI開発部グループマネージャー。



竹内 修

公共分野向けシステムの企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部エンジニアリング統括部システム技術センター社会システム部主任。



現場機器とサイバー空間との接続を実現するエッジコントローラ

Edge Controller Connecting Field Devices and Cyberspace

植田 基之 UEDA, Motoyuki

佐藤 好邦 SATO, Yoshikuni

門崎 東洋史 KADOSAKI, Toyofumi

エッジコントローラは、IoTシステムの中で現場機器のデータを収集する装置である。近年、エッジヘビー化という言葉で表現されるように、上位層での処理を分担することで、より高度なデータ処理を行うようになってきている。富士電機ではデータ収集に加え、データ解析・予測技術の一部をエッジコントローラに分担実装することで、よりリアルタイムなIoTソリューションを提供する。エッジコントローラは、PODベースの「MONITOUCH V9-IoT」、PLCベースの「SPH3000-IoT」、ゲートウェイ機器ベースの「FiTSA Σ」をラインアップし、機種ごとに特徴を持った製品化を行っている。

An edge controller, used in an IoT system, collects data from field devices. Its data processing is currently becoming more advanced, called edge heavy, by sharing computing with upper layers. Fuji Electric offers advanced real-time IoT solutions by assigning edge controllers part of the analysis and prediction tasks in addition to data collection. Our IoT product line includes the POD-based “MONITOUCH V9-IoT,” PLC-based “SPH3000-IoT” and gateway-based “FiTSA Σ,” each with device-specific attributes.

1 まえがき

エッジコントローラとは、主に産業プロセスなどの産業分野におけるIoT（Internet of Things）システムの中で、お客さまの現場に設置されたさまざまな現場機器のデータを収集する装置である。近年では、現場機器のデータ収集に加え、上位層で実施している処理を分担することで、より高機能で高速応答が必要なデータ処理を行うようになってきている。これをエッジヘビー化という。本稿では、エッジコントローラを取り巻くさまざまな課題と、富士電機のエッジコントローラの役割や特徴などに加え、その適用事例と今後の展望について述べる。

2 エッジコントローラの課題と市場動向

エッジコントローラは、さまざまな現場機器からデータを収集し、上位層のPCやクラウドといった情報系ネットワークへの橋渡しをする役割を担っている。このため、現場機器が接続するフィールドネットワークと情報系ネットワーク間を接続するゲートウェイ装置として、通信プロトコル変換を主な機能としていた。

一方で、次のような課題があるため、上位層のPCやクラウドで行っていた処理を、より現場側に近いエッジコントローラで分散実行するエッジヘビー化が進んできている。

(1) データ処理における課題

- (a) ネットワークやクラウド機器への負荷増大によるトラフィック・コストの増加
- (b) 処理のボトルネックに伴うリアルタイム応答性の低下
- (c) 現場の生データを外部に送信することに対するユーザのセキュリティ低下への懸念

表1 製造現場のニーズとエッジコントローラへの要求

製造現場のニーズ	エッジコントローラへの要求
モノづくりの価値向上 (生産準備の所要時間短縮による生産効率向上)	現場での生産情報の取捨選択によるリアルタイム性の高いデータの提供
多品種少量生産 (マスカスタマイゼーションの実現)	現場での制御系と、上位情報系処理を併せ持つ、より高い処理能力の保有
プログラミング負荷の低減	簡易なプログラミングツールやアプリケーションの提供
ベンダ間接続	産業用オープンネットワークなどのオープンアーキテクチャへの適用
FA機器、装置メーカーのサービス事業拡大	エッジコントローラでの収集データを基に、リモート監視・サポート、予兆保全などのサービスの活性化と現場における実装

エッジヘビー化を実現するエッジコントローラの登場により、製造現場では表1に示すようなニーズと、エッジコントローラへの要求が高まっている。

一方で、エッジコントローラは年10～15%の需要増の市場予測⁽¹⁾がなされている。しかし、これを実現するためには、次に示す課題を解決する必要がある。

(2) 上位システム接続における課題

- (a) エッジ側での処理と上位システムでの処理のバランス、ノウハウの蓄積
- (b) エッジコントローラの上位システムやクラウドへの接続に対するセキュリティの保証

3 富士電機のIoTシステムとエッジコントローラの役割

3.1 富士電機のIoTソリューション

富士電機は、現場データのセンシングからゲートウェイ、

ネットワーク接続技術、データ解析・予測技術、最適化技術、高度制御技術およびその実行基盤としての制御機器まで、IoT システムの一連の製品や技術を保有している。これらの製品や技術を活用した顧客価値を創出する各種 IoT ソリューションを用意している。

3.2 富士電機のエッジコントローラの位置付け

富士電機のエッジコントローラは、現場のさまざまなデータを収集・蓄積し、ネットワーク接続技術を用いてサイバー空間へ受け渡すゲートウェイ機能を持つプラットフォームである。

今後、現場のデバイスや機械、設備などは IoT 化し、直接ネットワークに接続していく。サイバー空間への接続について、現場のデバイスを次に示す三つのタイプに分けることができる(図1)。エッジコントローラは、このII群とIII群における現場機器とサイバー空間を接続するゲートウェイ機器の役割を担っている。

(1) I群：直接型

直接サイバー空間に接続するタイプである。監視制御システム、中・大容量無停電電源装置(UPS)、高性能インバータ、IT 連携自動販売機、放射線モニタリングポストなどが該当する。

(2) II群：エッジコントローラ型

サイバー空間への直接接続機能がない既設のデバイス(コントローラ、インバータ、計測機器などの汎用機器や分析計など)を、自社・他社問わず個々の製品のローカル通信機能を利用して、サイバー空間に接続するタイプである。このタイプの機器をサイバー空間に接続するために、富士電機はエッジコントローラとして、現場型表示器をベースとした「MONITOUCH V9-IoT」、汎

用ゲートウェイ機器をベースとした「FiTSA Σ」ならびにプログラマブルコントローラ(PLC)をベースとした「SPH3000-IoT」をラインアップしている。これらのエッジコントローラは、他社の PLC やインバータ、NC 加工機、ロボット、計測機器などと接続が可能であり、フィールドデバイスの IoT 化に大きく貢献する。

(3) III群：エッジコントローラ+センサ型

回転機やブレーカ、建物など、そもそもローカル通信機能もインテリジェンスな機能もない機器を接続するタイプである。エッジコントローラに振動センサや温度センサ、電流センサなどを接続し、センサ経由で対象の状態をデジタル化する。

エッジコントローラは、エッジヘビー化に対応するために、2章で示した収集する現場データの増大による通信トラフィック・コストの増大、リアルタイム応答性の低下、セキュリティ低下への懸念などの課題を解決することが求められる。さらに、製造現場の要望に対応するため、制御系や上位情報系の処理を併せ持つ高い処理能力、リアルタイム性の高いデータ供給、オープンアーキテクチャ適用、現場での予兆保全などのサービス適用など、さまざまな性能や機能が求められる。

富士電機では、データ収集技術、データ解析・予測技術、最適化技術、高度制御技術に基づくエッジコントローラを展開し、IoT ソリューションを提供する。エッジコントローラはエッジヘビー化への対応として、サイバー空間で処理を実施しているデータ解析・予測技術、最適化技術の一部を分担実装することにより、トラフィック・コスト、リアルタイム応答性、セキュリティ懸念などの課題を解決し、製造現場の要望に対応することができ、よりリアルタイムでソリューションを提供することが可能となる。

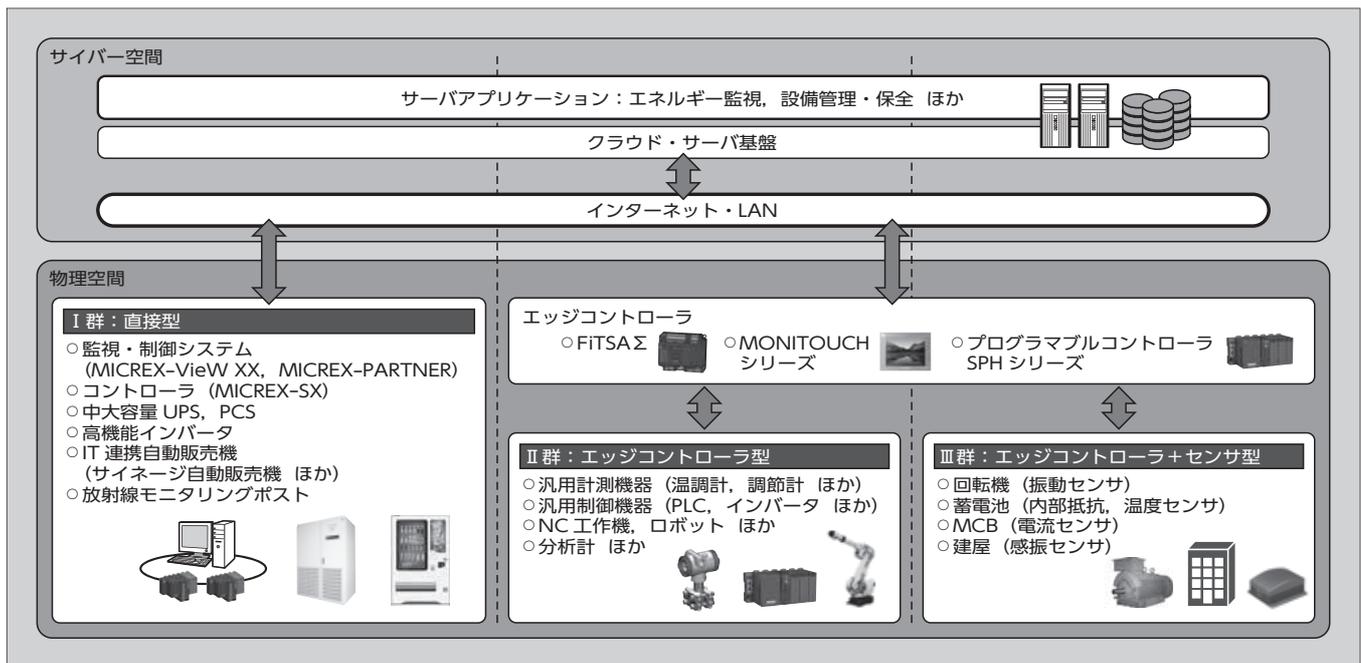


図1 サイバー空間への接続タイプ

4 富士電機のエッジコントローラの特徴

富士電機のエッジコントローラである MONITOUCH V9-IoT, FiTSA Σ, SPH3000-IoT の特徴を表 2 に示す。

2章で示したさまざまな要求に対応するためには、エッジコントローラのゲートウェイ機能であるデータハンドリング（収集、蓄積、加工）をはじめ、接続ネットワークや

表 2 エッジコントローラの特徴と性能

機種	特徴	診断性能*
MONITOUCH V9-IoT	現場でのリアルタイム画面表示, 機器接続性	1,000 ms
FiTSA Σ	小型, 高い汎用性, 機器接続性	500 ms
SPH3000-IoT	PLCの特長を生かした高速リアルタイム処理	50 ms

*データ解析・予測技術の一つである、MSPC（多変数統計的プロセス管理）のリアルタイム診断など機能を実装した場合の性能。サイバー空間上のサーバにて実行した場合の性能は、約10秒となる。

表 3 エッジコントローラに求められる機能

機能分類	概 略
データハンドリング	A. データ収集 システム状態解析や設備診断などをするためのさまざまなデータを収集 B. データ蓄積 収集したデータを蓄積、転送 C. データ加工 収集したデータの価値化（データ解析・予測技術の一部搭載）
ネットワーク	○サイバー空間接続実現のための標準プロトコルの搭載 ○さまざまなメーカーの現場機器接続実現のためのオープンプロトコルの搭載
セキュリティ	サイバー空間接続に対するセキュリティリスクの低減
エンジニアリング	○各種機能を実現するエンジニアリングツール ○エッジコントローラ間水平連携支援 ○サイバー空間-エッジ間垂直連携支援

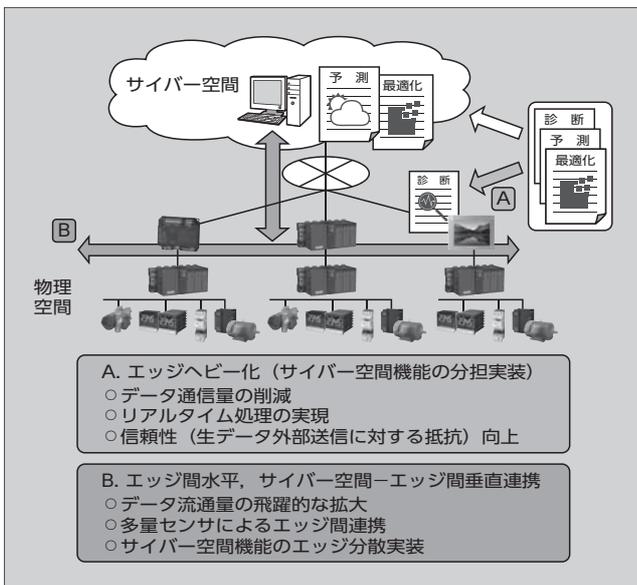


図 2 サイバー空間とエッジコントローラの機能の分担

セキュリティ機能を強化すること、ならびにエッジコントローラの機能を支援するエンジニアリングの提供が必要である（表 3）。また、図 2 に示すようにサイバー空間とエッジコントローラの機能の分担実装を進めていく必要がある。

5 エッジコントローラの適用事例

エッジコントローラの適用事例を、顧客の課題ごとに示す。

(1) 現場データの収集

顧客の設備の中には、PC を接続してデータを収集しようとしても、設備ネットワークが接続できない、PC の設置スペースがない、高速サンプリングができないなどの理由から、データを収集できないことがあった。SPH3000-IoT は、PLC の特徴である豊富な設備機器接続インタフェースとデータハンドリング機能により、ミリ秒の周期で高速データ収集ができる。また、小型であるため生産設備内の限られたスペースに設置でき、設置作業自体も簡単に行うことができる（図 3）。

さらに、エッジコントローラに接続した外付けハードディスク（NAS）に収集したデータをアーカイブとして保存することもできる。

(2) 現場型診断の導入

収集したデータを分析することで、顧客設備における課題の解決方法が明確になる。例えば、大型の生産設備で不良品率が増加した場合、保存した設備に備え付けたセンサの波形を分析すると、設備の消耗部品の劣化と不良品の増加が関係していることが明らかになり、その消耗品を交換すればよいということが分かる。なお、MONITOUCH V9-IoT は、設備内データの収集、分析・診断、判定表示という一連の処理を 1 台で行うことができるエッジコントローラである（図 4）。

このように、IoT 導入の最初のステップとして、エッジコントローラによるデータ収集を行い、データ分析からさらなる価値を創出することができる。

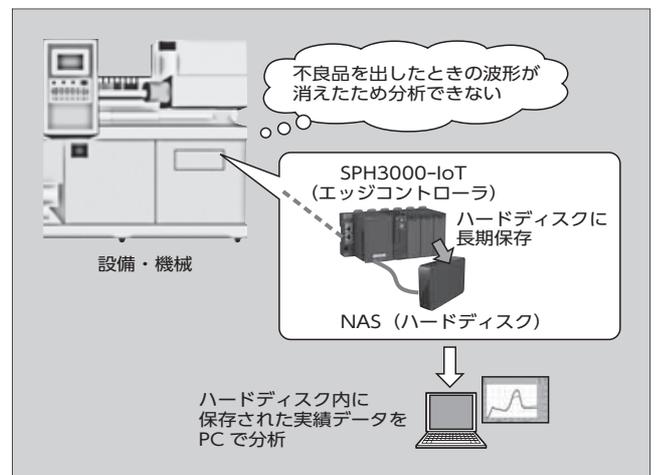


図 3 機器データの収集例

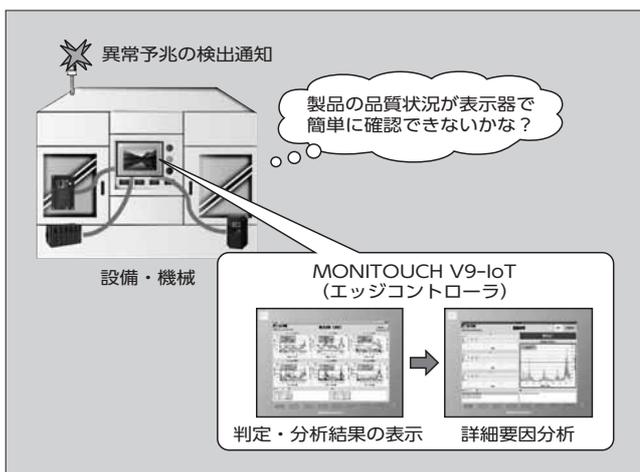


図4 現場型診断の導入例

6 あとがき

現場機器とサイバー空間との接続を実現するエッジコントローラについて述べた。

IoTを活用したシステムやサービスの多様化に伴い、エッジへビー化の要求が高まっており、現場とサイバー空間の間で、機能分担の必要性がますます高まってきている。

富士電機は、マルチコアマイコン、リアルタイム OS、Linux などの汎用 OS、組み込みセキュリティといったオープン技術を利用する技術と、PLC で培ったリアルタイム制御技術、エンジニアリング支援技術をベースにしてエッジコントローラを構築するとともに、現場デバイスに求め

〈注〉Linux：Linus Torvalds 氏の日本およびその他の国における商標または登録商標

られる低コスト、高耐環境性、高信頼性、高速性といった課題を解決していく。

今後も、お客さまのより高い価値の創造に結びつく IoT ソリューションを提供していく所存である。

参考文献

- (1) “Industrial Network Gateways Market Research (FIVE-YEAR MARKET ANALYSIS AND TECHNOLOGY FORECAST THROUGH 2020)”. ARC Advisory Group. <https://www.arcweb.com/sites/default/files/Documents/study-brochures/study-industrial-network-gateways.pdf>, (accessed 2018-08-17).



植田 基之

制御システム機器の開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部開発統括部システム開発センター制御機器開発部アシスタントマネージャー。



佐藤 好邦

監視制御システムの開発・設計に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部開発統括部システム開発センター HMI 開発部グループマネージャー。



門崎 東洋史

制御システム支援ツールの開発に従事。現在、富士電機株式会社パワエレシステム事業本部開発統括部システム開発センター HMI 開発部主任。



価値創出のコアとなるアナリティクス・AI

Analytics AI as Core of Value Creation

飯坂 達也 IIZAKA, Tatsuya

大頭 威 DAITO, Takeshi

松井 哲郎 MATSUI, Tetsuro

IoT (Internet of Things) の発展により、多量のデータが容易に収集できるようになった。顧客価値創出のための中核技術はアナリティクス・AI である。アナリティクス・AI を産業分野に適用する場合、学習事例が限られるため実用的な精度が得られない、推論結果の根拠が不明であるために信頼性が必要な分野への適用が限られる、一般の設計者ではモデリングが難しい、という三つの大きな課題がある。これらの課題に対して富士電機は、独自の工夫でアナリティクス・AI のツール化を行い、特にニーズの高い診断と予測を対象にし、さまざまな対象に適用できるように複数の手法を実装した。

The advance of the Internet of Things (IoT) facilitates the collection of a large amount of data. Analytics AI is the core technology for creating customer value. There are 3 major challenges to apply this technology in the industrial context: (i) impractical accuracy when an insufficient number of cases are available for learning, (ii) limited application to areas that require clear explainability of results, and (iii) complex modeling for ordinary system designers. To solve these issues, Fuji Electric has leveraged its original innovations and developed analytics AI tools. The implemented analytical methods ensure wide applicability, with a particular focus on diagnosis and forecasting, which are widely demanded.

1 まえがき

近年の IoT (Internet of Things) の発展により、多量のデータが容易に収集できるようになった。これにより、さまざまな価値を生むソリューションが次々と生み出されている。そのソリューションを生み出す中核技術であり、価値創出のコアとなるアナリティクス・AI について述べる。

2 アナリティクス・AI が解決すべき課題

富士電機のアナリティクス・AI とは、認識・診断・予測・最適化を行うための統計、機械学習、人工知能技術の総称である (図 1)。これらの技術は、世界的に進歩が速く、囲碁や将棋などのゲームや画像認識などの一部の分野では人間を凌 (しの) ぐ性能を示すまでになっている。しかしながら、産業分野のソリューションでは、特に顧客のニ

ズが多く、さまざまな取組みが行われている認識・診断・予測において、次に示す三つの大きな課題がある。

(1) 課題 a: 限られた学習事例では実用的な精度が得られない

産業分野では、用途ごとに用語やデータ傾向が異なることから学習事例が少なく、実用的な精度が得られない。

(2) 課題 b: 推論根拠が説明できない

推論結果の根拠が不明であるため、信頼性が求められる分野では適用が限られている。

(3) 課題 c: モデリングが難しい

高性能な診断・予測モデルの構築には、データサイエンティストによる試行錯誤的な学習が必要であり、一般の設計者では難しい。

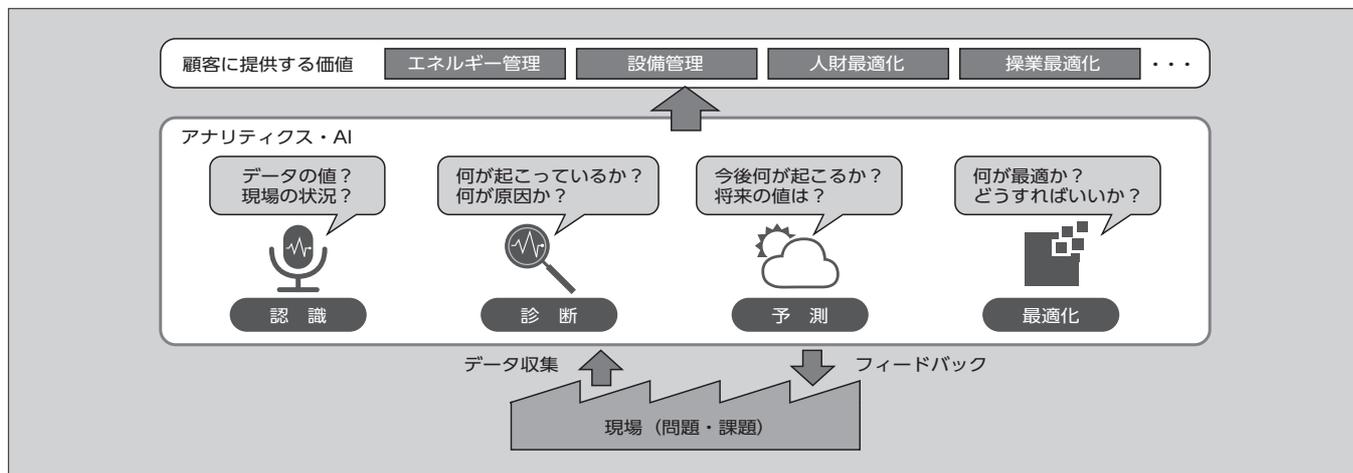


図 1 アナリティクス・AI

③ アナリティクス・AIの全体像

富士電機のアナリティクス・AIを用いたソリューションは、認識・診断・予測・最適化に分類される(図1)。認識では、音声入力、画像認識、意味解析などのソリューションがあり、製造現場における保全作業の効率化など、顧客の価値を創出する。診断では、異常診断や余寿命推定などのソリューションがあり、歩留り改善や品質向上など、顧客の価値を創出する。予測では、需要予測や予兆検出などのソリューションがあり、コスト削減や運転支援など、顧客の価値を創出する。最適化では、エネルギープラント最適運転や発電計画などのソリューションがあり、燃料費の削減など、顧客の価値を創出する。

④ アナリティクス・AIの紹介

アナリティクス・AIは、多量のデータを学習させ、高精度なモデルを構築し、活用することで、さまざまなソリューションを実現できるコア技術である。②章で述べた課題を解決することができる富士電機独自の技術について述べる。

4.1 テキスト認識技術

一般的にテキスト認識技術は、次の三つの処理からなる。

- 文章を単語・品詞に分割する。
- 類義語を同一単語に変換する。
- 解析の目的に合わせて文章を加工・抽出・集計する。

テキスト認識技術で重要な処理は、類義語を同一単語に変換することである。多くの文書から類義語を自動作成する技術が開発され、学習事例の収集が容易な一般用語では高精度である。しかし、学習事例に限られる産業分野では、実用的な精度が得られないという②章で述べた課題aがあった。

富士電機では、類義語を同一単語に変換する工夫として、膨大な事例で学習した一般用語と、限られた事例で学習した専門用語の二つの辞書を作成する。それぞれの辞書を用いて文章を処理した結果を統合する(図2)。これらの工

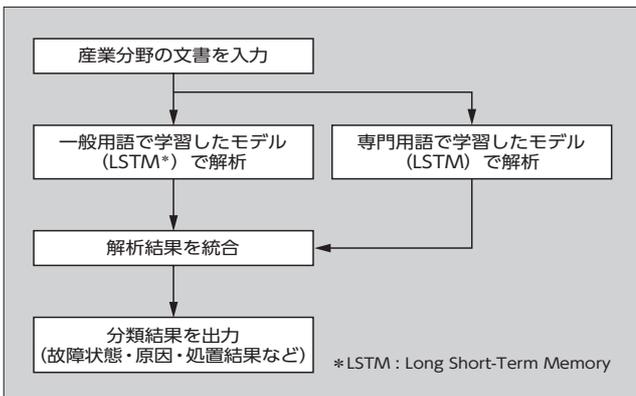


図2 複数辞書によるテキスト解析手法

⁽¹⁾夫により、学習事例の収集が難しい産業分野でも、一般用語で補完することが可能となり高い認識精度を実現している。

現在、このテキスト認識技術を用いたプラント保全システムを開発している。このシステムでは、プラントの現在の状況に近い記録(故障状態、原因、処置結果)を過去の保全記録から抽出することで、故障時間の短縮が可能となる。

4.2 診断技術

異常診断などの診断技術に、富士電機では化学プロセス分野で実績があるMSPC(Multivariate Statistical Process Control: 多変量統計的プロセス管理)を適用してきた。⁽²⁾⁽³⁾さらに複雑な特性を持つ対象へ適用を拡大するために、機械学習を用いた異常診断技術を開発している。

複雑な特性に対する診断手法は、さまざまな方法がある。本節では、Kernel-PCA(Principal Component Analysis: 主成分分析)法を例として取り挙げる。

通常の機械学習では、正常データと異常データの両方の学習事例が必要である。しかし、実際の製造プロセスでは異常データの学習事例が少なく、実用的な精度が得られないという課題があった(課題a)。Kernel-PCAは、豊富に存在する正常データだけで学習し、正常データと異なる状態(異常)を検知することでこの課題を解決している。

Kernel-PCAは、カーネル関数を用いて高次元空間にデータを写像し、高次元空間でPCAを行うことで非線形特性でも診断可能にする方法である。通常のKernel-PCAは、正常・異常の診断はできるが、異常と診断したときに、どの要因(例えば、振動、電圧など)が原因であるかを判断する手段がなかった(課題b)。そこで、富士電機では、最先端技術であるRBC(Reconstruction Based Contribution)法⁽⁴⁾を拡張してKernel-PCAに適用することにより、通常のMSPCと同様の診断根拠を提示できるようにした(図3)。この結果、顧客の設備で異常が発生

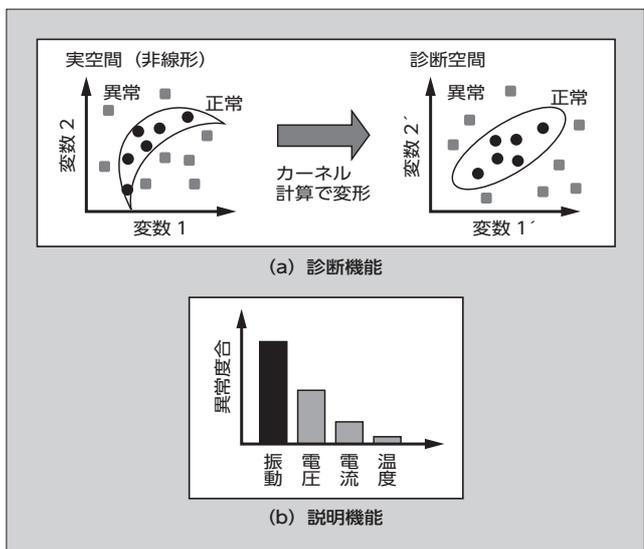


図3 Kernel-PCAによる診断手法

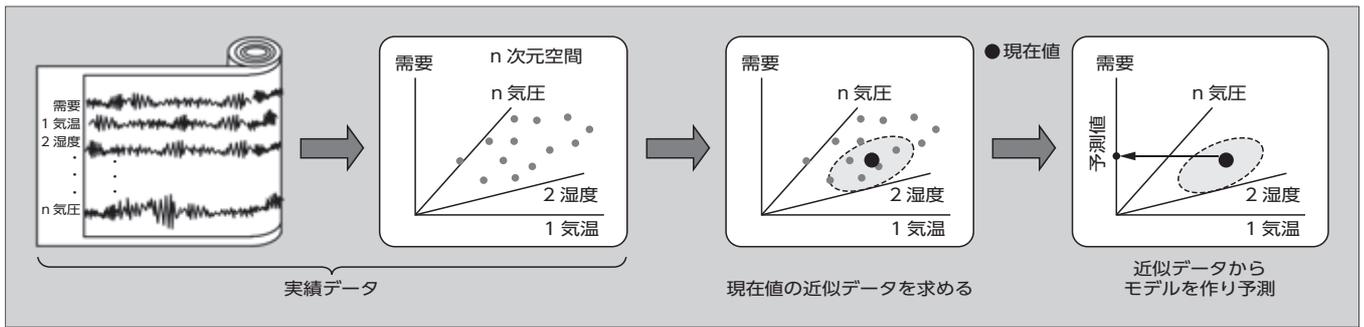


図4 JIT予測の概念図

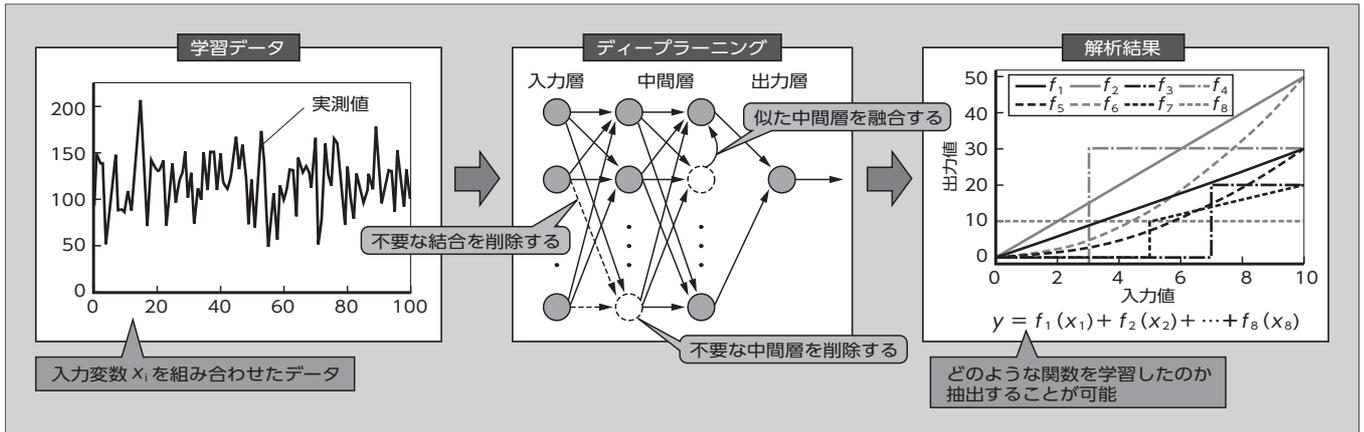


図5 ディープラーニングの解析フロー

した場合に、素早く対策できる。

4.3 予測技術

富士電機では対象に応じてさまざまな予測技術を開発している。主として学習データ量が限られる対象にはJIT (Just In Time modeling) 予測を、学習データが多く得られる対象にはディープラーニングなどの階層型ニューラルネットワークを適用している。^(注)

JIT予測は、予測対象と類似したデータを過去の事例から抽出して予測する技術である(図4)。課題aと課題bに対しては、類似事例をベースに目的の対象として、例えば電力需要や商品販売量などを予測している。そのため、もともと学習データが限られている対象でも実用レベルの予測が可能であり、予測の根拠が分かりやすい特徴を持つ(“予測対象日の気温と似ている”, “曜日が同一”などの予測の根拠が提示できる)。一方、課題cに対しては、何を類似と定義するのか、開発者の試行錯誤によるモデル開発が必要であった。特に、電力需要や商品の販売量など、消費動向が変化する対象では、類似の定義も日々更新させる必要がある。富士電機は、この課題に対して機械学習の一つである決定木を使用し、類似度合いを自動的に定義する手法を開発した。予測対象の直近の動向を決定木で分析し、決定木から得られた変数重要度に従い類似度を自動的に定

義するものである。

本手法は、電力が自由化されて間もないため、学習データ量が限られている新電力向けソリューションである電力事業者向けクラウドシステム「ECONO-CREA」で実用化している。⁽⁷⁾ なお、本システムは、富士電機、株式会社NTTデータ、株式会社協和エクシオの3社で共同開発を行い、ASPIC IOT・クラウドアワード2017において総務大臣賞とASP・SaaS部門の総合グランプリを受賞している。⁽⁸⁾

課題bと課題cの両方に対応するため、階層型ニューラルネットワークに富士電機独自の工夫を加えている。課題bに対しては、ネットワークの構造を工夫し、入出力の相関関係を抽出し可視化することで、予測の根拠を示せるようにした。課題cに対しては、従来、素子数やその結合状態を試行錯誤的に決定していた。これを学習中に中間層の素子が有益に働いているのか、不要であるのかを判断し、不要な中間層の素子を自動的に削除できるようにした。図5は、特性の異なる8種類の関数データを混合させたデータを、4層ネットワークに学習させる際の解析のフローである。ネットワーク内に学習された入出力の特性を関数形状で抽出することで説明できる。3層ネットワーク構造のものは、大手電力会社の需要予測、ダム流量予測、変圧器の余寿命診断などに適用されている。⁽⁹⁾ 4層以上のネットワーク構造のものは、原理開発を完了し、プラントの運転支援システムへの適用に向けて鋭意開発中である。⁽¹⁰⁾

〈注〉ニューラルネットワーク、ディープラーニング：179ページ「解説1」を参照のこと

⑤ アナリティクス・AIのツール化

IoT化によりさまざまなデータが容易に収集できるようになった一方で、膨大なデータを解析するデータサイエンティストは不足している。そこで、富士電機では、データサイエンティストでなくても容易にデータ解析ができるように、アナリティクス・AIのツール化を行っている。このツールは、特にニーズの高い診断と予測を対象にし、さまざまな対象に適用できるように複数の手法を実装している(表1, 図6)。

共通機能として、クレンジング機能がある。一般的にデータ解析の8割を占めるといわれるデータの事前処理として、欠損値・異常値の除去、置換え、補完などを容易に行うことができ、データ解析作業が短縮できる。

診断における可視化機能は、診断可否を判断する。多次元のデータを二次元に圧縮し、異常データと正常データが分離して表示されれば診断可、分離できなければ診断不可

表1 アナリティクス・AIツールの機能概要

分類	機能	手法
共通	クレンジング	欠損値・異常値の除去、置換え、補完 など
診断	可視化	PCA (Principal Component Analysis : 主成分分析)
		GTM (Generative Topographic Mapping)
		t-SNE (t-distributed Stochastic Neighbor Embedding)
	モデル化	PCA
		PLS (Partial Least Squares : 部分的最小二乗法)
Kernel-PCA		
SVM (Support Vector Machine)		
予測	モデル化	XGBoost (eXtreme Gradient Boosting)
		PLS
		JIT (Just in Time modeling)
	品質シミュレーション	階層型ニューラルネットワーク (ディープラーニング)
		PLS
		JIT

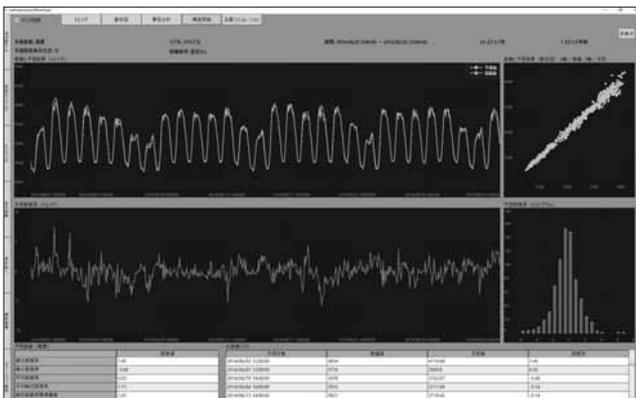


図6 アナリティクス・AIツールの予測画面例

と判断する。この機能により、そもそも対象のデータが診断できるデータであるか否かを判断することができる。

図6に、アナリティクス・AIツールの予測画面例を示す。複数の手法を実装する理由は、診断・予測対象の特性の複雑さにより、適した手法が異なるためである。どの手法が最良であるのかは、データサイエンティストでも判断することは容易ではなく、従来は試行錯誤で行われていた。そのため本ツールでは、自動的に最良の手法を提示する機能を持っている。なお、複雑な特性が扱える手法はノイズまで学習し、実使用時にはむしろ精度が低下してしまう場合がある。それを防止するため学習データと評価用データを明確に分離し、実使用時と同じ条件で検証できる仕組みにしている。これらの仕組みにより、データサイエンティストでなくても、容易にデータ解析や効果の検証を行うことができる。

品質シミュレーション機能は、製造工場やプラントを対象にして最良の製造条件を求める。本機能は、過去のさまざまな正常条件と品質データの組合せを品質シミュレーションモデルとして学習させる。製造条件を変更した場合の品質の変化についてシミュレーションを行うことで、歩留り改善、品質向上につながる製造条件を容易に求めることができる。

⑥ 適用例

ディープラーニングを用いた某製造プラントの温度予測への適用例を示す。燃料、原料品質などの数十種類の計測データから数時間先の間産品の温度を予測する。中間製品の温度は最終製品の品質に影響を与えるため、正確に制御する必要があるが、プラントの時定数が長い将来の温度を予測し、フィードフォワード的に制御する必要があった。このプラントの特性は複雑であるだけでなく、原料の原産地やロットの違いによる品質の変化もある。このことから、計算機による自動化が困難であったため、人の判断により制御していた。これに対して、ディープラーニングを適用することにより、複雑な現象をモデル化できるようになった。至近のデータで逐次モデルを更新することで、経時的な変化にも人の判断に頼らずに計算機で対応できるようにした。

図7に示すとおり、実績値の変化を適切に予測し、製品の品質向上という顧客の価値創出に貢献できる。図8は、ディープラーニングの解析結果の一例である。ある原料成分の比率が高まると中間製品の温度が低下し、圧力が上昇すると中間製品の温度が上昇する。一方、流量は中間製品の温度にほとんど影響を与えないことが定量的に把握できる。つまり、ディープラーニングによってどのように学習したかを確認でき、顧客が安心して使用できる。

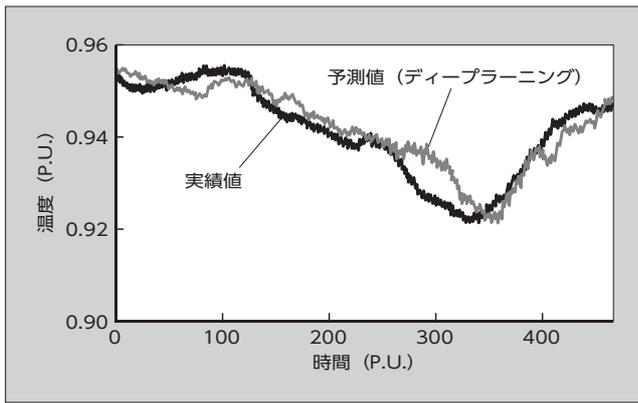


図7 製造プラントの温度予測結果

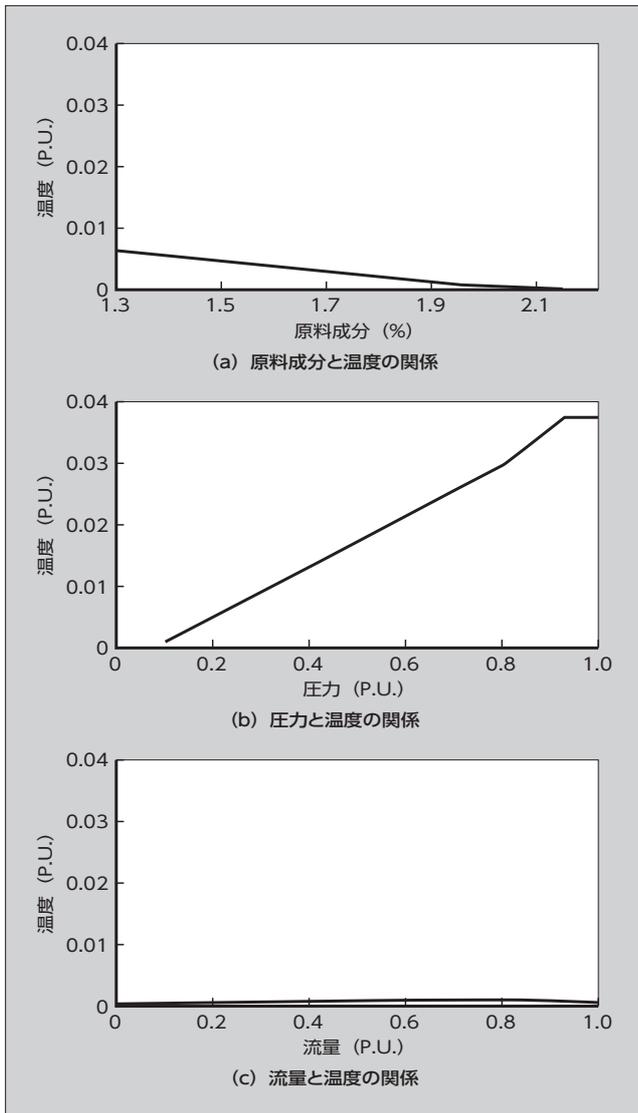


図8 ディープラーニングの解析結果の例

7 あとがき

価値創出のコアとなるアナリティクス・AIについて述べた。

IoT 技術により膨大なデータが収集できるようになってきた。従来技術だけでは膨大なデータが扱いきれず、性能面で満足な結果が得られない場合がある。これらの膨大なデータを用いて開発を加速するソリューションを提供するために、富士電機独自のアナリティクス・AI が有用であるとする。今後、実プラントへの適用を拡大し、さらなるお客さまの価値の創出につなげていく所存である。

参考文献

- (1) Yi.Yang.; Jacob.Eisenstein. Unsupervised Multi-Domain Adaptation with Feature Embeddings. NAACL2015.
- (2) 飯坂達也ほか. “多変量統計的プロセス管理技術を用いた火力発電プラントの異常検知”. 電気学会B部門大会, 2010, 353.
- (3) 村上賢哉ほか. “バッチプロセス向けMSPCにおける新しい異常判定方式”. 電気学会C部門大会, 2017, GS7-3.
- (4) Carlos F. Alcalá; S. Joe. Qin. “Reconstruction-based Contribution for Process Monitoring with Kernel Principal Component Analysis,” American Control Conference, 2010.
- (5) 新谷祐樹ほか. “Just-In-Timeモデリングを用いた翌日需要曲線予測手法の検討”. 電気学会全国大会, 2016, 6-121.
- (6) 葛根田哲也ほか. “ニューラルネットワーク応用電力需要予測システムの構築”. 電気学会C部門大会, 2003, MC4-4.
- (7) 牧本しをりほか. “小売電気事業者向けクラウドサービス (ECONO-CREA)”. スマートグリッド. 大河出版, 2018, 4月号.
- (8) “「ECONO-CREA®」が第11回ASPIC IoT・クラウドアワード2017において、「総務大臣賞」, 「ASP・SaaS部門総合グランプリ賞」を受賞”. NTTデータ. 2017-11-17. <http://www.nttdata.com/jp/ja/news/information/2017/2017111701.html>, (参照 2018-08-21).
- (9) 江川敏久ほか. “ニューラルネットワークと回帰式を適用した連接水系ダム残流予測システムの開発”. 電気学会論文誌B, 2010. vol.130, No.7.
- (10) 占部昇ほか. “油入変圧器の高精度余寿命診断システム”. 電気学会研究会, 2010, GID-10-6.



飯坂 達也

各種産業システムへの予測、診断技術の研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部先端技術研究所システム技術研究センター高度アルゴリズム研究部マネージャー。電気学会上級会員。博士（工学）。



松井 哲郎

各種産業システムへの最適化技術、予測・診断技術の研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部先端技術研究所システム技術研究センター高度アルゴリズム研究部長。電気学会上級会員、計測自動制御学会会員。



大頭 威

各種産業システムへの認識技術の研究開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センターデジタルプラットフォーム開発室組込システム研究部主任。

特集
IoTから始まる新しい価値創出ソリューション



IoT システムのセキュリティ

IoT System Security

梅崎 一也 UMEZAKI, Kazuya

近年のIoT（Internet of Things）機器の急速な増加に伴い、IoT機器を標的としたサイバー攻撃、セキュリティインシデントも急増している。このため、国内外でIoTセキュリティに関する規格やガイドラインの整備が進められている。富士電機では、IoTシステムへの脅威に対して、IoTセキュリティに関する規格やガイドラインに即したセキュリティポリシーを策定し、技術的対策、物理的対策、組織的対策、人的対策を実施することによって、安全・安心に利用できるIoTシステムを構築している。

The current rapid growth of the Internet of Things (IoT) leads to a significant increase in cyberattacks and security incidents on the IoT devices. To address the IoT security risks, efforts to produce standards and guidelines has been progressing in Japan and other countries. Fuji Electric has established the information security policy based on the IoT security standards and guidelines and takes technical, physical, organizational, and personnel measures to build IoT systems that are secure and safe from their threat.

1 まえがき

近年、IoT（Internet of Things）機器は急速に増加しており、2020年には約300億台のIoT機器がインターネットに接続されると予測されている⁽¹⁾。これに伴い、IoT機器を標的としたサイバー攻撃、セキュリティインシデントも急増している。このため、国内外でIoTのセキュリティに関する規格やガイドラインの整備が進められている。

この状況を踏まえ、富士電機では、IoTのセキュリティに関する取組みを進めている。

本稿では、IoTシステムのセキュリティの課題や脅威の事例、国内外のガイドラインなどを踏まえたIoTのセキュリティ対策の考え方、および富士電機における取組みについて述べる。

2 IoTのセキュリティ動向

2.1 IoTシステムのセキュリティの課題

IoTとは、“情報社会のために、既存もしくは開発中の相互運用可能な情報通信技術により、物理的もしくは仮想的なモノを接続し、高度なサービスを実現するグローバルインフラ”^{(2),(3)}とされており、次のようなことが期待されている⁽³⁾。

- (a) モノがネットワークにつながることで、迅速かつ正確な情報収集、ならびにリアルタイムでの機器やシステムの制御が可能になる。
- (b) 異なる分野の機器やシステムが相互に連携し、新しい機能が提供可能になる。

IoTのセキュリティ上の課題として次の事項が挙げられる⁽³⁾。

○多様な機器やシステムが接続されていることによる、脅

威の影響範囲の広さ

- 多様な機器やシステム間でのセキュリティに対する考え方や要件の違い
- IoT機器の機能・性能の制約に伴う、取りうるセキュリティ対策の制限
- IoT機器に対する監視の不十分さ
- IoT機器の長いライフサイクル

このように、IoTはつながることにより価値を生む反面、従来はつながっていなかった装置や機器がインターネットにつながることによって、これらの機器がサイバー攻撃を受けるなどのセキュリティ脅威が増加することが懸念される。

2.2 IoT機器へのセキュリティ脅威の事例

IoT機器に対するセキュリティインシデントとしては、次のような事例が知られている⁽³⁾。

- (a) インターネットに接続されたWebカメラや、HEMS（Home Energy Management System）が、設定不備などの原因により、外部からアクセス可能になっていた。
- (b) 自動車のマルチメディアシステムの脆弱（ぜいじゃく）性を攻撃することにより、運転に影響を及ぼす不正な遠隔操作が可能になっていた。

いずれも、インターネットあるいはWi-Fi^(注)など外部との接続経路から不正アクセスが行われている。不正アクセスが成功した原因としては、機器の利用者が適切な設定・管理をしていなかったこと（開発・保守用のインタフェースによるアクセスが可能のままであった、パスワードがデフォルトのまま変更されていなかったなど）、およびIoT

〈注〉Wi-Fi：Wi-Fi Allianceの商標または登録商標

機器に脆弱性があったことが挙げられる。

IoT機器が乗っ取られると、それを踏み台にしてさらに内部に侵入されたり、他の攻撃に使用されたりする恐れがある。2016年9月には、IoT機器をターゲットにしたマルウェア“Mirai”ボットネットによる複数のDDoS（分散型サービス妨害）攻撃が行われ、米国東海岸全域でインターネット利用に大混乱が起きるといふ事例が発生している。

③ IoTのセキュリティ対策

IoTのセキュリティについては、国内外でセキュリティに関する規格やガイドラインが策定されている。主なものを表1に示す。

これらのセキュリティに関する規格・ガイドラインにおけるIoTのセキュリティへのアプローチはさまざまであるが、基本的な考え方は次のとおりである。

(1) リスク分析

守るべき対象を特定し、想定される脅威とその影響を分析する。

(2) セキュリティ対策

リスク分析の結果を踏まえ、重要性に応じて脅威に対する対策を決定して実施する。

3.1 リスク分析

リスク分析においては、システム構成の明確化、情報資産の特定、脅威分析を実施する。

(1) システム構成の明確化

規格・ガイドラインによって若干の差異はあるが、IoTシステムは、図1に示すように四つの階層に分類される。

これらの各階層において、どのような機器やシステムがあり、相互にどのように連携（情報交換）するかを分析し、文書化する。

表1 IoTのセキュリティに関する規格・ガイドライン

区分	発行元*	規格・ガイドライン名称	発行日
海外	oneM2M	oneM2M技術仕様書 セキュリティ技術の適用	2016-03 (V1.0.0) 2018-02 (V2.0.1)
	GSMA	GSMA IoT Security Guidelines	2016-02 (V1.0) 2017-10 (V2.0)
	IIC	IIC Security Framework	2016-09 (V1.0)
	CSA	IoTの早期導入者のためのセキュリティガイダンス	2016-02 (V1.0)
	OTA	OTA IoT Trust Framework	2016-03 (V1.0) 2017-06 (V2.5)
国内	IPA	IoT開発におけるセキュリティ設計の手引き	2016-05 (初版) 2018-04
	IoT推進 コンソーシアム	IoTセキュリティガイドライン	2016-07 (V1.0)

* oneM2M : 電気情報通信分野におけるM2M/IoT技術の国際標準化団体
 GSMA : GSM Association 携帯電話システムの一つであるGSM方式の業界団体
 IIC : Industrial Internet Consortium インダストリアルIoTの産業実装を推進する業界団体
 CSA : Cloud Security Alliance クラウドのセキュリティに特化して活動する非営利団体
 OTA : インターネットに関する国際非営利団体Internet Societyの下部組織
 IPA : 情報処理推進機構

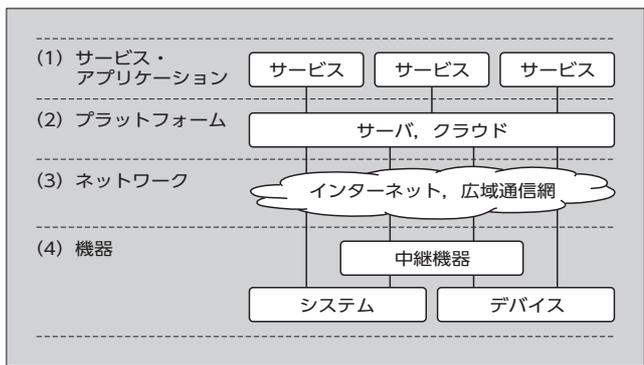


図1 IoTシステムの階層構造

(2) 情報資産の特定

IoTシステムの構成要素に含まれる情報、機能、資産を洗い出した上で、重要性によって保護すべき対象を特定する。

(3) 脅威分析

脅威分析には、既存の分析手法が適用されている。分析手法の一つであるSTRIDEでは、表2に示す脅威のタイプに対して分析し、脅威の影響を受ける可能性がある箇所（脆弱性）を抽出する⁽³⁾⁻⁽⁵⁾。

抽出した脅威に対して、影響度を分析する。分析手法の一つであるDREADでは、表3に示す評価軸によって脆

表2 STRIDEにおける脅威のタイプと例

脅威のタイプ	脅威の例
Spoofing (成り済まし)	各種IDや資格情報（パスワードなど）を不正入手されることにより、IoT機器やユーザに成り済まされる
Tampering (改ざん)	IoTシステムにおけるデータの収集、加工、移送、保存のいずれかの段階において、データが書き換えられる
Repudiation (否認)	不正な機器が接続され、不良なデータがシステムに供給されることによりシステムが正常運転できなくなる
Information Disclosure (情報漏えい)	IoTシステムにおけるデータの収集、加工、移送、保存のいずれかの段階において、データに許可されていないアクセスが行われる
Denial of Service (サービス拒否)	IoTシステムの構成要素に対して大量データ送信が行われ、システムの機能が使用できない状態になる
Elevation of Privilege (特権の昇格)	IoTシステムの機能やデータに対して、本来権限を持たない機器やユーザがアクセスできてしまう

表3 リスク評価手法DREAD

影響の評価軸	説明
Damage potential (潜在的損害)	脆弱性を攻撃された場合の損害の程度
Reproducibility (再現性)	攻撃の再現（成功）のしやすさ
Exploitability (攻撃利用可能性)	攻撃への悪用のしやすさ
Affected users (影響を受けるユーザ)	攻撃の影響を受けるユーザの規模
Discoverability (検出可能性)	脆弱性が攻撃者に発見される可能性

表4 セキュリティ対策の分類

対策の種類	対策の例
技術的対策	利用者識別・認証, 機器の識別・認証, アクセス制御, ファイアウォール, 侵入検知システム, 通信路暗号化, データ暗号化, ログ収集・分析 など
物理的対策	情報処理区域の管理, 情報資産の盗難防止, 電子媒体などの管理, 情報資産の削除・廃棄管理 など
組織的対策	組織体制の整備, 取扱規定などに基づく運用, システム監視体制, 脆弱性対応体制, インシデント対応体制 など
人的対策	従業員の意識向上, 教育・訓練 など

弱性への攻撃の影響を評価する⁽⁴⁾。

3.2 セキュリティ対策

リスク分析の結果を踏まえて、影響が大きなものについてセキュリティ対策を選定し、実施する。

セキュリティ対策は、表4に示すように、技術的対策、物理的対策、組織的対策、人的対策の4種類に分けられる。

4 富士電機のIoTのセキュリティへの取組み

4.1 富士電機IoTプラットフォーム

富士電機IoTプラットフォームは、図2に示すように、現場のフィールド機器を、エッジコントローラと呼ばれるIoT機器をゲートウェイとして、クラウド上のサービスと連携する構成である。

このIoTプラットフォームのセキュリティのために、リスク分析結果および各種ガイドラインを踏まえてセキュリティポリシーを策定し、それに基づいて図3に示すような対策を推進している。

4.2 IoTシステムのセキュリティポリシー

IoTシステムのセキュリティに関する社内基準を策定した。この基準は、IoTビジネスにおいて富士電機が提供する

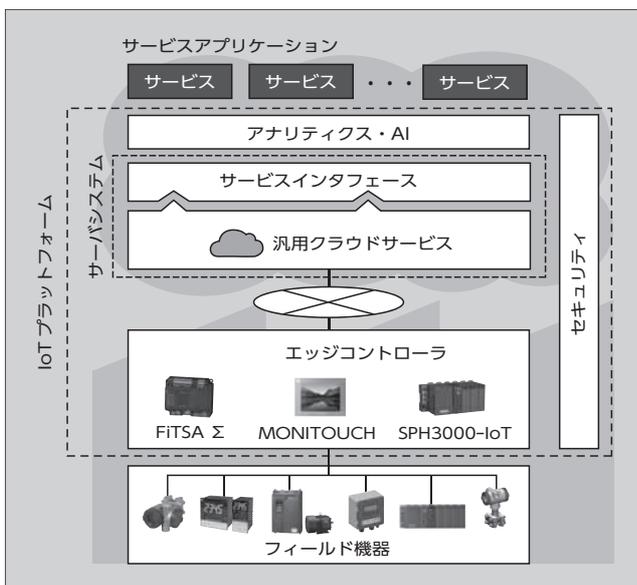
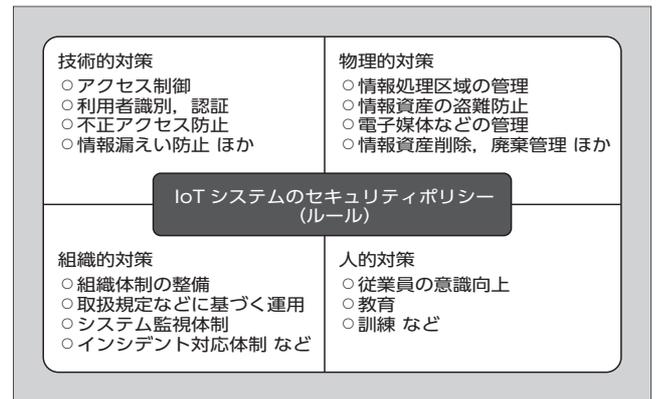


図2 富士電機IoTプラットフォームの構成



るIoTシステムおよび、その開発、構築、運用、保守などビジネスのために必要な業務、ならびにそれら業務に使用するPCや電子記憶媒体とそれらを取り扱う全ての従業員を適用対象としている。

この基準を策定するに当たり、クラウドセキュリティの標準規格であるISO/IEC 27017:2015およびIoTセキュリティガイドラインをはじめとするセキュリティ規格・ガイドラインの考え方を取り込んでいる。

4.3 技術的・物理的セキュリティ対策

(1) 汎用クラウドサービスにおける対策

IoTプラットフォームにおけるサーバシステムは、外部の汎用クラウドサービス上に構築する。この汎用クラウドサービスは、そのセキュリティ対策状況を確認した上で選定し、使用している。具体的には、ISO 27001およびISO 27017の認証を取得し、CIA（Confidentiality：機密性、Integrity：完全性、Availability：可用性）を確保するために次のような対策を行っている。

(a) データセンターとしての対策

侵入防止, 入退室管理, 操作証跡管理など

(b) ネットワークへの対策

ファイアウォール, 侵入検知, 通信暗号化, 冗長化など

(c) 物理ストレージや物理サーバへの対策

アクセス制限, データ暗号化, ウィルス感染防止, 操作証跡管理, 冗長化など

(d) 仮想化基盤への対策

ネットワーク仮想化による分離, 脆弱性情報対応, オートフェールオーバーなど

(2) クラウド上のサーバシステムやサービスへの対策

富士電機が開発しているサービスインタフェースやアナリティクス・AIなどのIoTプラットフォームは、次に示す従来のサーバ・クラウドアプリケーションのセキュリティ対策を適用している。

(a) 脆弱性の作りこみの回避

セキュアソフトウェア開発のガイドラインに準拠など

(b) 不正アクセスの防止

サービス使用ユーザの識別・認証, アクセス制御, 重

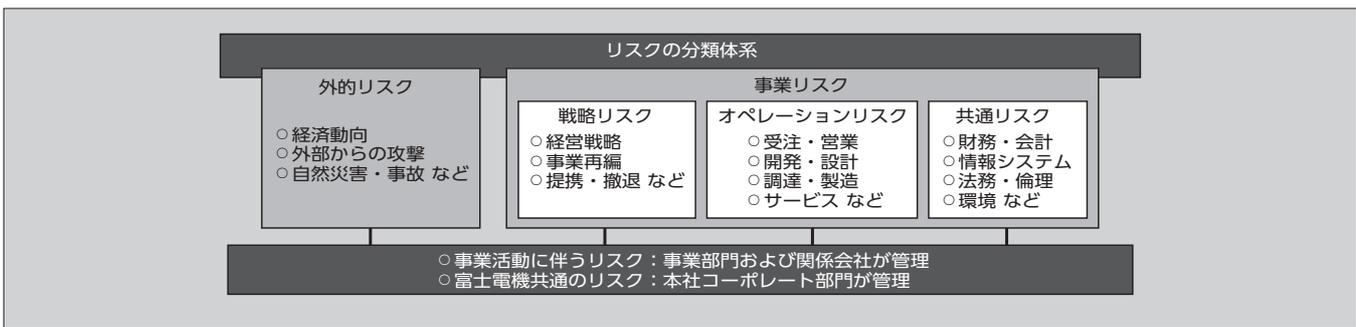


図4 富士電機のリスク分類体系と管理体制

要データの保護など

(3) エッジコントローラと通信における対策

クラウド上のIoTプラットフォームにアクセスを行うエッジコントローラについては、次のように識別し、認証および通信暗号化を実施することで、不正アクセスを防止している。

- 通信経路の接続時認証および暗号化
- ネットワークとの接続点（ファイヤウォール、VPN など）における侵入防止
- サーバシステムとエッジコントローラ間の相互認証
- サーバシステムへのアクセス制御
- サービスインタフェースによるデータ送信元エッジコントローラの機器認証

4.4 組織的・人的セキュリティ対策

(1) 富士電機のリスクマネジメント体制

富士電機は、2006年5月に策定した“富士電機リスク管理規程”に基づき、リスクを組織的、体系的に管理している。情報セキュリティ対策にもリスクマネジメントの一環として取り組んでいる（図4）。

情報セキュリティの推進においては、富士電機は、機密情報や個人情報を適切に保護するため、情報セキュリティに関する方針および規程類を整備・展開し、毎年社員の教育を行うなどの情報セキュリティの強化を図り、情報漏えいの防止に努めている。

顧客の重要な情報や個人情報を取り扱う、高いレベルの情報セキュリティ管理が必要な部門は、ISMS（情報セキュリティマネジメントシステム）認証やプライバシーマーク認定などの外部認証を取得している。

(2) Fe-CSIRT

標的型サイバー攻撃、制御システムやIoTの脆弱性に対する攻撃など、多様化、高度化するセキュリティ脅威への対応力、防衛力の強化を図るため、Fe-CSIRT（Computer Security Incident Response Team）を2017年4月に設置した。

富士電機のIT戦略部門の一組織として、既存の情報セキュリティマネジメント体制において、監視、監査、教育

などを主導する事務局と共同で、富士電機グループ内で発生する情報セキュリティインシデントへの対応および予防を担っている。

IoTについても、このFe-CSIRT体制に準じる形でインシデント対応のための組織および運用体制を構築している。

5 あとがき

IoTシステムのセキュリティについて述べた。IoT機器の増加に伴い、サイバー攻撃やセキュリティインシデントも増加している。富士電機では、IoTシステムへの脅威を踏まえたセキュリティポリシーを策定し、体制面とメカニズム面からの対策を実施することによって、安全・安心に利用できるIoTシステムを構築している。

サイバー攻撃は日々進化しているため、セキュリティ対策は継続的な取組みが不可欠である。今後も引き続き、IoTシステムのセキュリティを確保するための技術開発を進めていく所存である。

参考文献

- 平成30年版情報通信白書. 総務省.
- ITU-T Y. 2060 (4000), Overview Of Internet Of Things. 2012.
- IoTセキュリティガイドラインVer1.0. IoT推進コンソーシアム・総務省・経済産業省. 2016.
- IoT早期導入者のためのセキュリティガイダンス. Cloud Security Alliance. 2015.
- IIC Security Framework. 2016.
- ISO/IEC 27017: 2015.



梅崎 一也

IoTシステムに関するセキュリティ技術開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部イノベーション創出センターデジタルプラットフォーム開発室組込システム研究部主査。

解説 1 ニューラルネットワーク, ディープラーニング Neural Network, Deep Learning

p.171

ニューラルネットワークとは、情報処理システムにおいて人間の脳の中にある神経細胞とそのつながりを数式で表現したモデルの総称である。階層型ニューラルネットワーク、リカレントネットワークなど、さまざまな種類がある。富士電機は、1990年代から継続的にニューラルネットワークの実用化研究を行い、さまざまなシステムへの適用実績がある。

ディープラーニングとは、ニューラルネットワークの一

種であり、層数が多いネットワーク構造そのものである。単純に層数を多くしたディープニューラルネットワーク、画像処理用に工夫した畳み込みニューラルネットワーク、テキスト認識用に工夫した LSTM (Long Sort-Term Memory) などがある。2000年代以降、学習アルゴリズムの発展と計算機能力の向上により学習性能が大幅に向上し、近年の第三次 AI ブームの中心的な技術となっている。



間接外気活用省エネルギーハイブリッド空調機 「F-COOL NEO」(冷房能力 56 kW)

“F-COOL NEO” Energy-Saving Hybrid Air-Conditioning Unit Indirectly Using Outside Air (Cooling Capacity 56 kW)

大賀 俊輔* OGA, Shunsuke

川島 將史* KAWASHIMA, Masahito

山川 道広** YAMAKAWA, Michihiro

近年、データセンターで使用されるサーバは、高性能・高密度化により発熱量が飛躍的に増加している。サーバの発熱は空調機により冷却する方式が一般的である。空調機の省エネルギー(省エネ)を図り、自然エネルギーを生かすために、外気を冷熱源として用いる外気冷房の導入が進められている。外気冷房は、外気を直接取り込む直接方式と、熱交換器を介して外気へ放熱する間接方式に分けられる。

富士電機は、外気に含まれる水分やじんあい、腐食性物質の影響を受けにくい間接方式の外気冷房(間接外気冷房)と、冷凍機による冷房(冷凍冷房)とを組み合わせたハイブリッド空調機「F-COOL NEO」(冷房能力 40 kW)を販売してきた。このたび、新たに冷房能力 56 kW のタイプを開発した(図1)。

1 特徴

F-COOL NEO の主な特徴は次のとおりである。

- (a) 間接外気冷房と冷凍冷房との併用運転により、年間の消費電力を一般の空調機の約 1/3 に節約できる。
- (b) 間接的に外気を利用するため、外気に含まれる水分や PM2.5 などのじんあい、腐食性物質の影響を受けにくい。
- (c) 必要なユーティリティは電源のみであり、冷水や冷却水は不要である。
- (d) 給気(吹出し空気)を下向きとし、フリーアクセスフロアへの設置に対応した。

2 仕様

F-COOL NEO の仕様を表1に示す。冷房能力 56 kW のタイプは、給気を下向きにした。エネルギー消費効率(東京年間平均)は COP^(注)=10 で、40 kW タイプと同等である。

表1 「F-COOL NEO」の仕様

項目	仕様		
	FCA-56 A	FCA-40 A (従来品)	
冷房方式	間接外気冷房(不凍液)+圧縮冷凍冷房(R410A)		
仕様電圧(V) (括弧内はオプション)	400(200)	200(400)	
定格冷房能力(kW)*	56	40	
最大消費電力(kW)	26	16	
定格給気風量(m ³ /h)	12,000 設定範囲: 2,500 ~ 16,800	8,500 設定範囲: 2,500 ~ 12,000	
外気吸込み温度範囲(°C)	-15 ~ +43		
設定給気温度(°C)	18 ~ 35		
給気方向	下方向	横方向	
外形寸法 (電気盤除く)	室内機(mm)	W1,180×D1,591×H2,650	W1,180×D1,158×H2,300
	室外機(mm)	W1,180×D1,591×H2,288	W1,180×D1,000×H2,700
COP 給気26°C, 定格給気風量にて(東京年間平均)	10		

* 35°C 超で冷房能力は定格以下となる

〈注〉COP (Coefficient of Performance): 冷房能力(kW) / 冷房消費電力(kW)

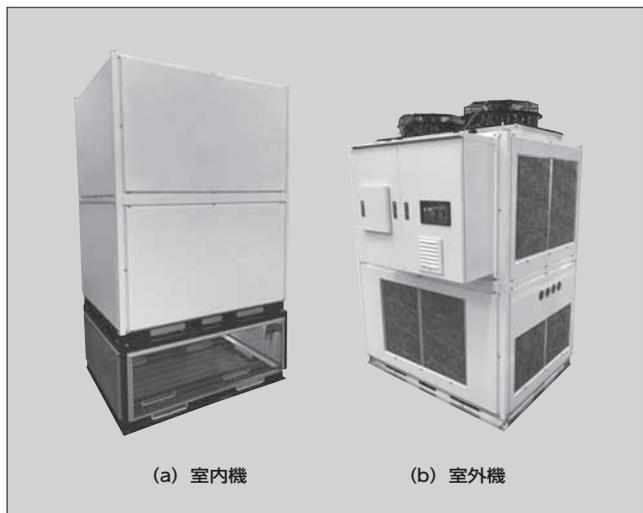


図1 「F-COOL NEO」(冷房能力 56 kW)

* 富士電機株式会社パワエレシステム事業本部施設・電源システム事業部システム商品企画部

* 富士電機株式会社パワエレシステム事業本部施設・電源システム事業部施設電源技術部

** 富士電機株式会社パワエレシステム事業本部開発統括部パワエレ機器開発センター電源機器開発部

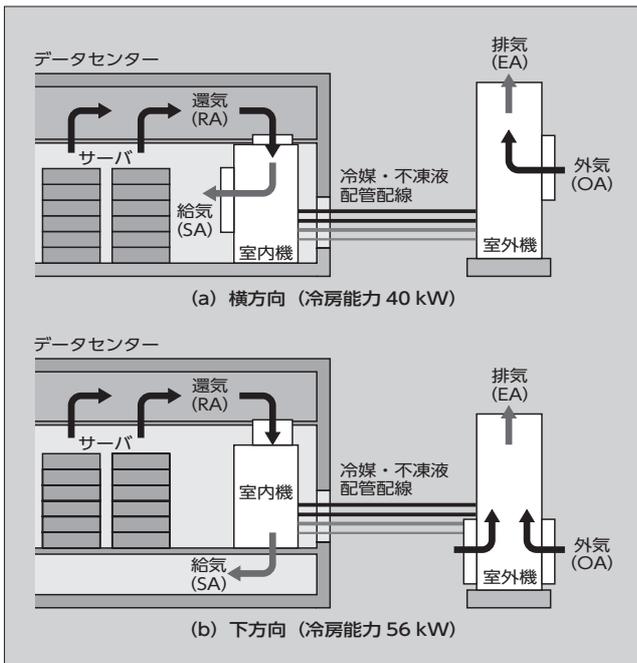


図2 「F-COOL NEO」の適用事例

3 適用事例

図2に、F-COOL NEOのデータセンターへの適用事例を示す。

データセンターの空調には、床面にサーバラックを設置して室内機の横方向からの給気で冷房を行う方式(図2(a))と、一段床を上げたフリーアクセスフロアにサーバラックを設置して、床下からの給気で冷房を行う方式(図2(b))とがある。前者は建設コストが圧縮できるというメリットがあり、後者は広範囲に均等に冷房できるというメリットがある。データセンターの規模や設置されるサーバの性能により使い分けられることが多い。

今回開発した機種は、冷房能力が56kWと大容量であり、比較的規模の大きなデータセンターのフリーアクセスフロアに採用されることを想定して、給気は下向きとした。

4 背景となる技術

F-COOL NEOの省エネを実現する運転制御方法について述べる。この制御方法は、基本的に冷房能力40kWタイプと56kWタイプともに同等である。

間接外気冷房は、圧縮機を使わないので高効率である。ただし、外気温度が高くなれば冷房能力は低下する。間接外気冷房の冷房能力が不足する場合は冷凍機で補う。圧縮機の運転を極力抑えた省エネ運転とするため、複数の運転モードの中から自動制御で適切なモードを選択して切り替えることで、外気冷房を最大限利用している。

図3に、間接外気冷房と冷凍冷房の能力分担の模式図を示す。横軸に外気温度を、縦軸に冷房能力を取り、間

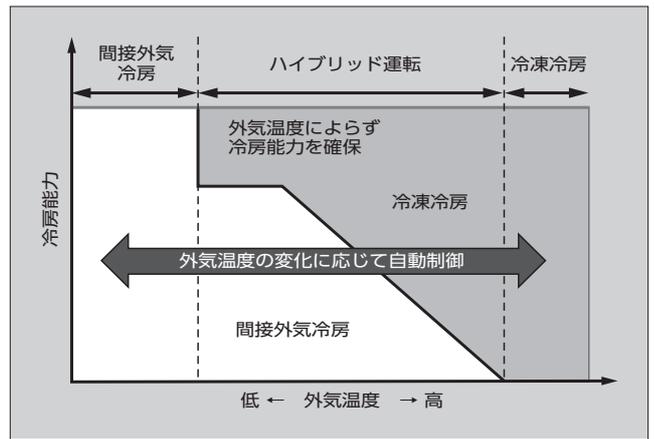


図3 間接外気冷房と冷凍冷房の能力分担の模式図

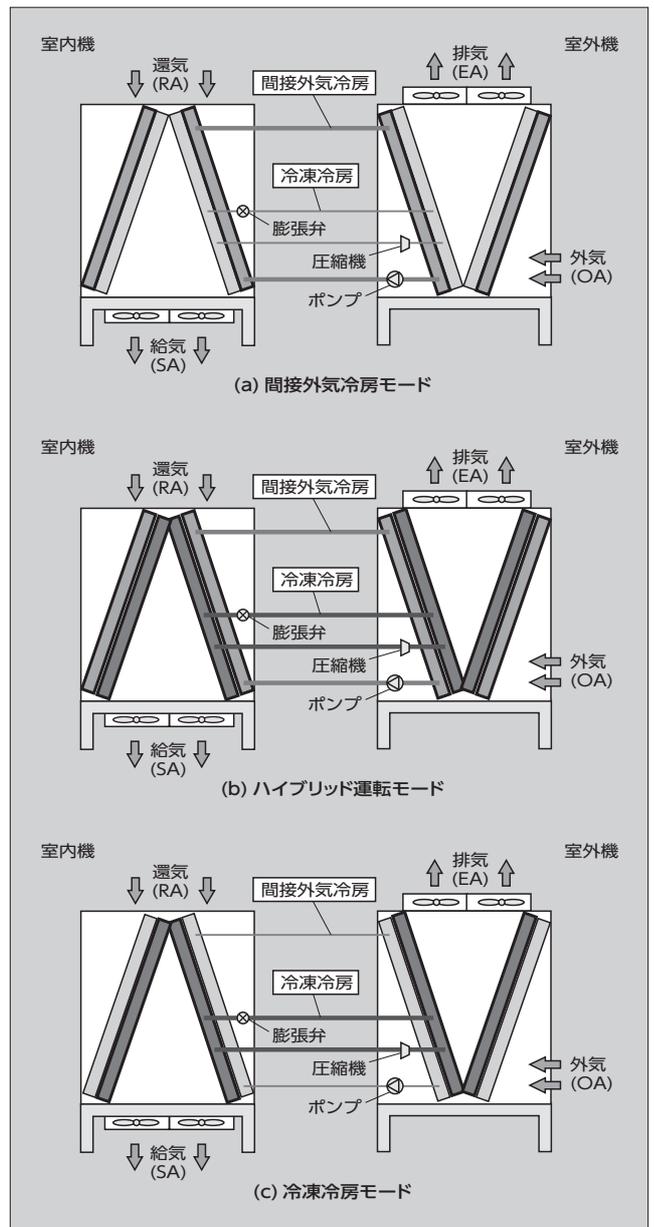


図4 冷房モードごとの主要機器の動き

接外気冷房と冷凍冷房の能力分担割合を示したものである。外気温度によらず冷房能力を維持するために、大き

く分けて次に示す三つのモードで運転を行う。

(1) 間接外気冷房の単独運転(間接外気冷房モード)

間接外気冷房の能力が冷房負荷に対して十分な場合は、間接外気冷房を単独で運転する。

(2) 間接外気冷房と冷凍機の併用運転(ハイブリッド運転モード)

間接外気冷房の能力が冷房負荷より下回る場合は、不足分を冷凍機が補う。ただし、圧縮機を運転すると効率が低下するため、必要最低限とする。

(3) 冷凍機の単独運転(冷凍冷房モード)

外気温度が還気温度以上となり、外気冷房能力が得られない条件では冷凍機を単独で運転する。

図4は、F-COOL NEOの冷房モードごとの主要機器の動きを模式的に示したものである。F-COOL NEOは、これまで述べたとおり、間接外気冷房と冷凍冷房の二つの冷却機構を持っている。間接外気冷房モードでは、ポンプとファンのみで冷房を行う(図4(a))。ハイブリッド運転モードでは、間接外気冷房に加え、圧縮機や膨張弁

による冷凍冷房を同時に行う(図4(b))。冷凍冷房モードでは、ポンプは停止し、圧縮機や膨張弁による冷凍冷房を行う(図4(c))。

56 kWタイプは、従来機から冷却能力を向上させ、かつ省エネ性能を維持するために、熱交換器のサイズを大きくする必要があった。40 kWタイプは熱交換器を直立して設置していたが、56 kWタイプで同様の構造とすると、装置寸法が大きくなってしまったため、熱交換器を分割して斜めに設置することで、この課題を解決した。

発売時期

2017年11月

お問い合わせ先

富士電機株式会社パワエリシステム事業本部
施設・電源システム事業部システム商品企画部
電話(03)5435-7092



操作性と視認性を追求したプログラマブル表示器 「MONITOUCH TS1000 Smart シリーズ」

“MONITOUCH TS1000 Smart Series” Programmable Operator Interface, Pursuing Usability and Visibility

松本 充弘* MATSUMOTO, Mitsuhiro

中国・アジア市場の急速な発展によりグローバル化が進む中、製品の安定供給と製品の低価格化の要求が増えている。

産業分野において、人と機械のインタフェースであるヒューマンマシンインタフェース（HMI：Human Machine Interface）の需要は伸びており、あらゆる機械に使用されるようになった。

富士電機は、中国・アジアにおいて高まる需要に対応できるように、機能を凝縮し、操作性と視認性を追求したプログラマブル表示器「MONITOUCH TS1000 Smart シリーズ」を開発し、2018年8月に発売した。

1 概要

図1にMONITOUCH TS1000 Smart シリーズである「TS1100Si」の外観を、表1に主な仕様を示す。MONITOUCH TS1000 Smart シリーズは、中国・アジア市場で最も需要の高い7型ワイドと10.2型ワイドの画面サイズをラインアップしている。また、グローバル化に対応するため、全ての機種に主要国や地域の規格であるCE、KC、UL、cULを取得した。

LEDバックライトによる65,536色TFTカラー液晶を採用しており、視認性や表現力が高く、生産現場においても確実な状態表示と操作性を約束する。あらゆる装置にも違和感なく取り付けられるように、洗練されたシンプルな外観のデザインを採用した。



図1 「TS1100Si」

* 富士電機株式会社パワエレクトロニクス事業本部ファクトリーオートメーション事業部モーション企画部

表1 「MONITOUCH TS1000 Smart シリーズ」の主な仕様

項目		TS1070S	TS1070Si	TS1100Si
本体仕様	画面サイズ	7型		10.2型
	表示デバイス	TFTカラー		
	解像度	800×480ドット		
	表示色	65,536色		
	バックライト	LED		
	タッチスイッチ	アナログ抵抗膜方式		
	適合規格	CE, KC, UL, cUL		
ユーザメモリ	FROM	26 MB		
	SRAM	128 kB		
外部インタフェース仕様	COM1 D-sub9ピン (凹)	RS-422/485 データ長：7, 8ビット パリティ：偶数, 奇数, なし ストップビット：1, 2ビット 伝送速度：4,800, 9,600, 19,200, 38,400, 57,600, 76,800, 115,200, 187,500 *1 bits/s		
	COM2/COM3 D-sub9ピン (凸)	COM2：RS-232C COM3：RS-422/485（二線式） データ長：7, 8ビット パリティ：偶数, 奇数, なし ストップビット：1, 2ビット 伝送速度：4,800, 9,600, 19,200, 38,400, 57,600, 76,800, 115,200 bits/s		
	LAN	×	○ (1 ch)	
	USB-A	○ (1 ch)		
	USB mini-B	○ (1 ch)		
	電源	定格電圧	DC24 V±10%	
消費電力 (最大定格)		11 W以下		12 W以下
物理的環境	使用周囲温度	0～50℃*2		
	使用周囲湿度	85%RH以下（結露なきこと）		
	汚損度 (IEC 60664-1)	2		
	使用高度	標高2,000 m以下		
	使用雰囲気	腐食性ガスがなく、じんあいびどくないこと（導電性じんあいなきこと）		
	保存周囲温度	-10℃～+60℃		
	保存周囲湿度	85%RH以下（結露なきこと）		
設置条件	保護構造	パネル 前面	IP65相当（防水パッキン*3 使用時） IP40相当（防水パッキン*3 未使用時）	
		リヤ ケース	IP20相当	
	外形寸法 (mm)	W198.8×H141.8× D38.0		W266.8× H206.8× D38.0
	パネルカット寸法 (mm)	189.0×134.0 (+0.5/-0)		257.0× 199.0 (+0.5/-0)

*1：187,500 bits/sはシーメンス社MPI/PPi通信のみ

*2：故障の原因となるため、湿球温度39℃以下で使用のこと

*3：オプション品

② 機能

2.1 サーバ機能

近年、機械を遠隔監視や遠隔操作する需要が増えている。MONITOUCH TS1000 Smart シリーズは VNC サーバ機能（i タイプのみ）を標準搭載しているため、PC やタブレット端末、スマートフォンなどを無線 LAN で Etnernet^(注) に接続することにより、遠隔監視や遠隔操作を可能にしている。また、上位側からデータ管理を行うような場面では、FTP サーバ機能を搭載しているため、Ethernet 接続された PC から、MONITOUCH TS1000 Smart シリーズに装着した USB メモリ内のファイルへの読み込みや書き込みができる。

2.2 リモート操作機能

PC と MONITOUCH TS1000 Smart シリーズを Ethernet で接続することで、リモートデスクトップ機能を使用し、PC の画面を MONITOUCH TS1000 Smart シリーズに表示して操作できる。また、MONITOUCH TS1000 Smart シリーズの USB にマウスを接続して操作をすることもできる。さらに、遠隔監視ソフトウェア「TELLUS&V-Server」を使用することで、Ethernet 経由で生産現場の情報をリアルタイムに収集し、遠隔監視や遠隔管理ができる。なお、リモートデスクトップのライセンスと TELLUS&V-Server は別途購入が必要となる。

2.3 8Way 機能

8Way 通信は、Ethernet による接続（8 プロトコル）とシリアルによる接続（3 プロトコル）を組み合わせ、最大 8 種類の異なる機種や、他メーカーのプログラマブルコントローラ（PLC：Programmable Logic Controller）およびその他周辺機器との接続を、1 台の MONITOUCH TS1000 Smart シリーズで可能にする。また、8 種類の機器との同時通信、各機器間のデータ受け渡しが可能である。

2.4 操作ログとセキュリティ機能

近年、機械の安全性も重要な要素となっている。MONITOUCH TS1000 Smart シリーズは、操作ログとセキュリティ機能を使用することにより、安全性の高い機械の設計に貢献する。

操作ログは、画面上の押ボタン操作や数値入力などの操作を時系列で記録できる。誰が、いつ、何を、どう操作したかという履歴を参照でき、異常要因の分析が可能である。

セキュリティ機能は、使用者名とパスワードで管理され、セキュリティレベルを 0～15 まで設定できる。レベルごとにスクリーンやスイッチに対してセキュリティが

設定でき、ログインした使用者は許可されたレベルの操作が可能である。

③ 特徴

3.1 画面資産の継承

MONITOUCH TS1000 Smart シリーズは、従来機種との MONITOUCH TS1000 シリーズで使用している画面データがそのまま使用可能である。

3.2 小型・軽量化

パネルカットサイズと画面は従来のみで、本体外形サイズを従来比で 10～15% 小型化し、取付けスペースを削減した。また、筐体（きょうたい）内部の固定を板金レスの構造に見直すことにより、重量を従来比で 30～40% 軽量化した。

3.3 外部インターフェース

(1) USB メモリの取付け方向

従来は、USB メモリをケース背面側から挿入する構造であったため、ケース背面側に USB メモリを挿入する空間が必要であった。MONITOUCH TS1000 Smart シリーズでは、本体ケースの下側から挿入するようにしたことにより、ケース背面側のスペースは不要になった。

(2) NAND フラッシュメモリの採用

従来は、不揮発性メモリ（FROM）として、NOR タイプのものを使用していたが、画面データの大容量化とコスト削減を行うため、NAND タイプの FROM を採用した。これにより、画面データサイズは 2.6 倍の容量となった。

(3) NAND フラッシュメモリの誤り訂正符号

NAND フラッシュメモリの誤り訂正符号（ECC）として、BCH 符号による 8 ビット誤り訂正機能を採用し、ビット誤り訂正の強化を行った。

3.4 電池電圧検出機能

履歴などのバックアップに使用しているバッテリー（ボタン電池）は、従来では 3 年が経過した時点でバッテリー交換を促す方式としていたため、バッテリーの消耗に関係なく交換していた。MONITOUCH TS1000 Smart シリーズでは、バッテリー電圧を監視し、バッテリー電圧不足となったときに交換を促すことを画面に表示することにより、環境に優しい仕様とした。

3.5 消費電力

高効率なスイッチング電源 IC の採用と回路の省電力化を図ることにより、消費電力を 25% 低減した。

〈注〉 Ethernet：富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標

発売時期

2018年8月

お問い合わせ先

富士電機株式会社

パワエレシステム事業本部ファクトリーオートメーション事業部

電話 (03) 5435-7066



略語（本号で使った主な略語）

AI	Artificial Intelligence	人工知能
AoE	Analytics of Everything	
BEMS	Building and Energy Management System	ビルエネルギーマネジメントシステム
CAD	Computer-Aided Design	
CEMS	Cluster Energy Management System	地域エネルギーマネジメントシステム
CNC	Computer Numerical Control	コンピュータ数値制御
COP	Coefficient of Performance	
CPS	Cyber Physical System	
EMS	Energy Management System	エネルギーマネジメントシステム
EnPI	Energy Performance Indicator	エネルギーパフォーマンス指標
FEMS	Factory Energy Management System	工場エネルギーマネジメントシステム
GTM	Generative Topographic Mapping	
GUI	Graphical User Interface	
HEMS	Home Energy Management System	
HMI	Human Machine Interface	
IaaS	Infrastructure as a Service	
IIC	Industrial Internet Consortium	
IoE	Internet of Everything	
IoH	Internet of Humans	
IoT	Internet of Things	
JIT	Just In Time modeling	
JSON	JavaScript Object Notation	
KPI	Key Performance Indicator	重要業績評価指標
LAN	Local Area Network	
LSTM	Long Short-Term Memory	
MQTT	Message Queue Telemetry Transport	
MSPC	Multivariate Statistical Process Control	多変量統計のプロセス管理
OJT	On the Job Training	
OSS	Open Source Software	
PaaS	Platform as a Service	
PCA	Principal Component Analysis	主成分分析
PCS	Power Conditioning System	パワーコンディショナ
PLC	Programmable Logic Controller	プログラマブルコントローラ
PLM	Product Lifecycle Management	
PLS	Partial Least Squares	部分的最小二乗法
PoE	Power over Ethernet	
POS	Point of Sales	
RBC	Reconstruction Based Contribution	
RDB	Relational Database	
SCE	Service Connect Engine	
SCM	Supply Chain Management	
SVM	Support Vector Machine	
t-SNE	t-distributed Stochastic Neighbor Embedding	
UPS	Uninterruptible Power System	無停電電源装置
VPN	Virtual Private Network	
XGBoost	eXtreme Gradient Boosting	

商標（本号に記載した主な商標または登録商標）

Android	Google LLC. の商標または登録商標
Ethernet	富士ゼロックス株式会社の商標または登録商標
Excel	Microsoft Corporation の商標または登録商標
Java	Oracle Corporation およびその子会社，関連会社の米国およびその他の国における商標または登録商標
Linux	Linus Torvalds 氏の日本およびその他の国における商標または登録商標
Wi-Fi	Wi-Fi Alliance の商標または登録商標

その他の会社名，製品名は，それぞれの会社の商標または登録商標である。

訂正：富士電機技報. 2018, vol.91, no.2, p.77, 盤の配線工数低減に貢献するプッシュイン方式の新製品, 11～12 行目.

(正)

プッシュイン方式の採用は国内初となる。

(誤)

プッシュイン方式の採用は世界初となる。

訂正：富士電機技報. 2018, vol.91, no.2, p.83, 右側 4 行目.

(正)

主回路系コンポーネントへのプッシュイン方式の採用は，このクラスでは国内初となる。

(誤)

主回路系コンポーネントへのプッシュイン方式の採用は，このクラスでは世界初となる。

訂正：富士電機技報. 2018, vol.91, no.2, p.102, JT-60SA 向け超伝導給電設備（CTB）の製作, 図 6 の下.

(正) 追記

資料提供：国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構

(誤) 記載漏れ

主要事業内容

パワーエレクトロニクス

エネルギーの安定供給、最適化、安定化に貢献する「エネルギーソリューション」、工場の自動化・見える化により生産性の向上・省エネを実現する「インダストリーソリューション」を提供します。

●エネルギーソリューション

エネルギーマネジメント

工場エネルギーマネジメント (FEMS), 電力流通, スマートメータ

変電システム

変電設備, 産業電源設備

電源システム

データセンター, 無停電電源装置 (UPS), パワーコンディショナ (PCS), 配電盤

器具

受配電・制御機器

●インダストリーソリューション

ファクトリーオートメーション

インバータ, モータ, FA コンポーネント, FA システム

プロセスオートメーション

駆動制御システム, 計測制御システム

環境・社会ソリューション

物流システム, 植物工場, 計測機器・センサ, 放射線管理システム, 輸送システム

設備工事

電気・空調設備工事

ITソリューション

情報システム

発電

高度なプラントエンジニアリング力で、高効率な火力発電や環境にやさしい地熱発電、水力発電、太陽光発電システム、風力発電システム、燃料電池を通じて、拡大する電力需要に対応します。

火力発電設備

再生可能・新エネルギー

地熱発電設備, 水力発電設備, 太陽光発電システム, 風力発電システム, 燃料電池

原子力関連設備

電子デバイス

産業分野, 自動車分野, 民生分野において、パワーエレクトロニクスのキーデバイスであるパワー半導体を提供し、電力変換の高効率化や省エネに貢献します。

IGBT モジュール, SiC モジュール, 車載 IGBT, 圧力センサ, 電力制御 IC, パワー MOSFET

食品流通

コア技術である冷熱技術に、メカトロニクス技術や IoT を組み合わせ、食品流通分野における最適な商材とソリューションを提供することにより、食の安全・安心に貢献します。

自販機

缶・PET 自動販売機, 食品・物品自動販売機 (中国・アジア市場モデル)

店舗流通

ショーケース, 自動釣銭機, 環境配慮型店舗

次号予定

富士電機技報 第91巻 第4号

特集 エネルギーマネジメントに貢献するパワー半導体

富士電機技報企画委員会

企画委員長	近藤 史郎				
企画委員幹事	吉田 隆				
企画委員	荻野 慎次	斎藤 哲哉	片桐 源一	渡部 雅教	
	熊谷 明恭	益田 真次	吉田 隆	桑山 仁平	
	眞下 真弓	大山 和則			
特集委員	木佐 一之	小高 秀之	谷口 弘一	平岡 裕二	
	安川 和行	山田 隆雄			
事務局	木村 基	小野寺拓也	小野 直樹	山本 亮太	

富士電機技報 第91巻 第3号

平成30年9月20日印刷 平成30年9月30日発行

編集兼発行人 近藤 史郎

発行所 富士電機株式会社 技術開発本部
〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番2号
(ゲートシティ大崎イーストタワー)

編集・印刷 富士オフィス&ライフサービス株式会社内
「富士電機技報」編集室
〒191-8502 東京都日野市富士町1番地
電話 (042) 585-6965
FAX (042) 585-6539

発売元 株式会社オーム社
〒101-8460 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地
電話 (03) 3233-0641
振替口座 東京 6-20018

定価 756円 (本体700円・送料別)

*本誌に掲載されている論文を含め、創刊からのアーカイブスは下記 URL で利用できます。

富士電機技報 (和文) http://www.fujielectric.co.jp/about/company/contents_02_03.html

FUJI ELECTRIC REVIEW (英文) <http://www.fujielectric.com/company/tech/contents3.html>

*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。

© 2018 Fuji Electric Co., Ltd., Printed in Japan (禁無断転載)

富士電機のシステムソリューション

Energy & Automation



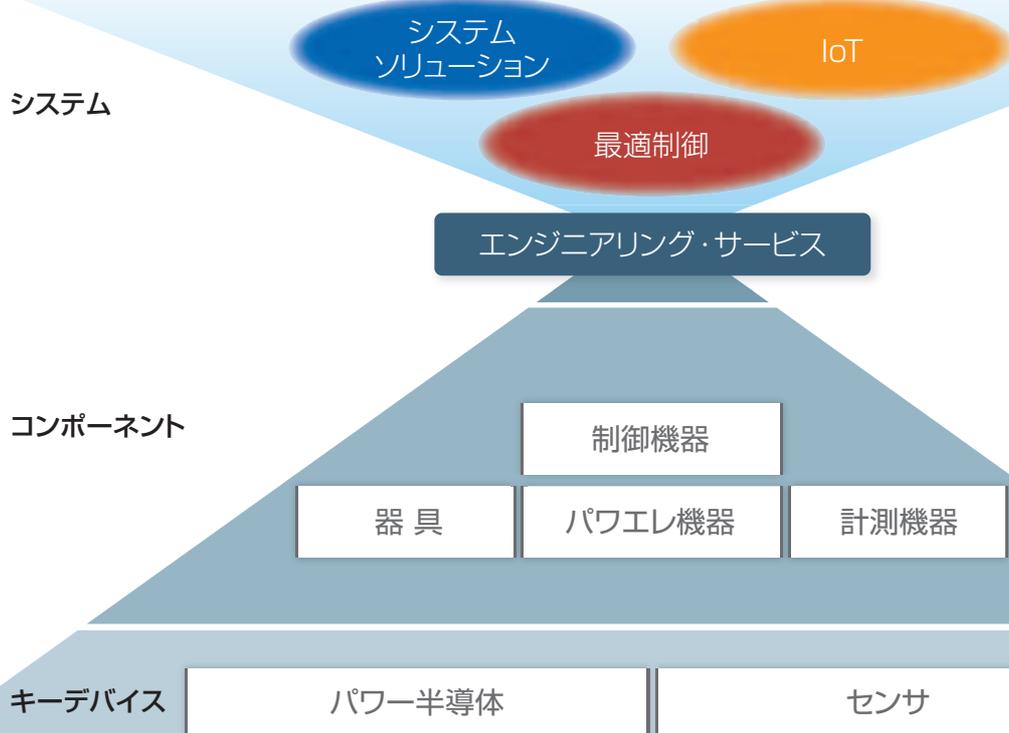
富士電機が提供するソリューション

富士電機は、キーデバイスを活用した各種コンポーネントにIoT・制御技術を組み合わせ、社会インフラから産業流通分野など、あらゆるシーンで求められるソリューションを提供致します。

キーデバイス・テクノロジー	「世界トップレベルのパワー半導体」、「エネルギー・オートメーションで培った最適制御技術」、「社会インフラ・産業分野を支える様々な応用技術を有するセンサ」
コンポーネント	これらキーデバイス・テクノロジーを活用した多様な高性能・高品質コンポーネント
システムソリューション	コンポーネントにエンジニアリング・サービス、IoT 技術を組み合わせたシステムソリューション

Energy & Automation

発電	パワエレシステム					電子デバイス	食品流通
	エネルギーソリューション		インダストリーソリューション				
クリーンなエネルギー	エネルギーの安定供給と最適化		オートメーションと省エネ			世界トップのパワーデバイスで小型化・省エネ化	食の省力・省人・省エネ化
発電・新エネルギー	エネルギーマネジメント	施設・電源	ファクトリーオートメーション	プロセスオートメーション	社会	パワーデバイス	食品・流通
<ul style="list-style-type: none"> 火力 地熱 水力 太陽光・風力 燃料電池 	<ul style="list-style-type: none"> EMS 電力流通 変電 スマートメータ 	<ul style="list-style-type: none"> データセンター UPS 配電盤 受配電・制御機器 要冷システム 植物工場 	<ul style="list-style-type: none"> インバータ モータ FAコンポ FAシステム 物流システム 船舶排ガス浄化 	<ul style="list-style-type: none"> 駆動制御 計測制御 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄道車両 EVシステム 放射線管理 	<ul style="list-style-type: none"> 産業用IGBT SiCデバイス 自動車電装 	<ul style="list-style-type: none"> 自動販売機 店舗設備



富士電機のシステムソリューション

富士電機の最新技術 と工場で培ったノウハウをご提供します。

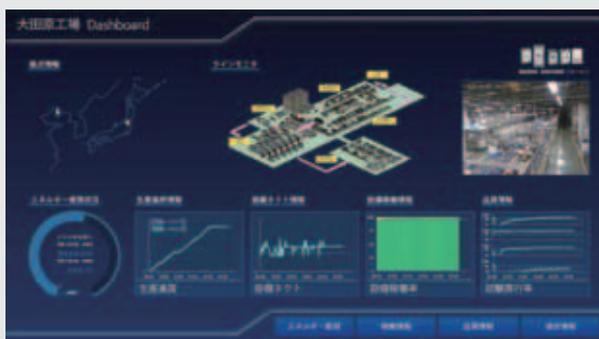
ソリューション分類		システムソリューション	主なソリューション提案/概要
エネルギーソリューション	エネルギー マネジメント	地域エネルギーマネジメントシステム (CEMS)	需要予測に基づくエネルギーの需要と供給の最適化
		鉄鋼分野向けEMSソリューション	需要予測と最適化によるエネルギーの一元管理で製鉄所の省エネルギーを実現
		半導体分野向けEMSソリューション	瞬低・停電による製造ロス回避と電気・熱のエネルギーコスト削減
		組立産業分野向けEMSソリューション	電気・圧縮空気・空調・廃熱利用・自家発電制御のトータル省エネルギー
		ビル・施設向けEMSソリューション	熱源最適化運転制御、空調機可変風量制御、室内温度制御をBEMSで実現
		食品分野向けEMSソリューション	製造実行システムと同期したユーティリティ運用最適化の実現
		ボイラ最適燃焼制御ソリューション	超希薄燃焼方式により燃料費を最大1%削減
		エネルギー見える化分析サービス	エネルギーデータを自動分析し、お客様の設備に合った省エネルギーアイテムを抽出
		クラウド型工場/ビル/施設向けエネルギー管理支援サービス	エネルギー需給の「見える化」と最適制御で省エネルギーをサポート
		スマートメータ活用遠隔検針サービス	遠隔から検針データを収集し、検針業務効率化・異常対応の迅速化に貢献
		電力小売り事業向け需給管理システム	電力小売り事業の需給管理に必須の機能をワンストップでご提供
	変電監視制御システム	GIS、油入変圧器、高圧配電盤など高電圧設備における、部分放電センシングによる予防保全	
	受変電設備総合診断サービス	最適な保全・改善策の提案により安定操業を実現	
	パワエレシステム	施設・電源	植物工場 統合環境制御システム
データセンタートータルシステム			高効率機器パッケージでワンストップ提供、運用後もライフサイクル保守に対応
クラウド型蓄電池診断サービス			バッテリー特性変化を把握し、適切なメンテナンス計画を支援
インダストリーソリューション	ファクトリー オートメーション	組立加工装置 自律フィードバック制御システム	モーションシステムとリアルタイム状態監視技術により高信頼な自律制御を実現
		組立加工 高性能モーションシステム	多種多様な業種テンプレートによる設備自動制御および最適化
		刃具診断システム (MARSYS)	機械加工設備のリアルタイム刃具診断システム
	プロセス オートメーション	鉄鋼・非鉄プラント 高速制御システム	個別標準化されたパッケージとコンポーネントの組み合わせによる安定操業
		セメントプラント 監視制御システム	原料粉砕・焼成・冷却系統監視・制御、セメント粉砕系統制御による安定操業
	社会 ソリューション	物流センター高速仕分け制御システム	中大規模物流センター向け高速・高信頼型仕分け制御
		船舶 排ガス浄化システム (EGCS)	世界最小のSOxスクラバと排ガス分析計による最適制御で、運航コストを最小化
		環境放射線監視サービス	導入しやすいクラウド型システムで地域の放射線を監視
	センサ ソリューション	無線式回転機振動監視システム (Wiserot)	回転機械の振動傾向を遠隔リアルタイム監視することにより、異常を早期発見
		クランプ式蒸気流量計測システム (開発中)	超音波方式で、配管を変更することなく、蒸気流量の見える化を実現
構造ヘルスマニタリングシステム		建物の揺れを常時監視することで経年変化を把握し、BCP (事業継続計画) 対策支援	
分析計ソリューション		ガス分析計や粒子計測器などさまざまな分析計をラインアップ	
共通	ウェアラブル型遠隔作業支援パッケージ	音声入力による現場作業記録の効率化と、本部からのリアルタイム支援を実現	
	設備管理支援システム (メンテナンスステーション)	設備台帳や保全実績などの管理を効率化し、メンテナンスコストを削減	
	高信頼二重化システム	コントローラからI/Oまで、PLCによるDCSクラスの高信頼制御とリモートメンテナンス	
	異常兆候監視サービス	操業データから異常兆候を早期に検出し、品質向上、予防保全を実現	
食品流通	店舗	店舗向け総合設備管理システム	温度・鮮度管理や機器の点検を一元化し、「食の安全・安心」「省力化」「省エネ」に貢献
		無人化店舗	自動販売機による24時間稼働の無人化店舗を提供
	次世代店舗スマートショーケース	CVS業界標準ICタグを使用した商品管理 (自動発注 / 在庫管理 / 自動決済)	
自動販売機	ネットワーク対応自販機クラウドサービス	オペレーション作業効率化 / 稼働管理 / 故障管理 / 売り切れ管理 / 電子決済	
発電	太陽光	太陽光発電遠隔監視&メンテナンスサービス	太陽光発電設備における運用保守業務を効率化
	火力・地熱	火力・地熱発電プラントサービス	運転最適化 / 発電遠隔監視 / 異常兆候監視

当社内の導入事例

富士電機は自社工場にてソリューションを導入し、成果を上げています。

事例紹介動画

大田原工場／電機器具製造：栃木県大田原市 操業・稼働・エネルギーの見える化（国内工場／海外工場）



- ピークカットによる契約電力使用量維持
- 目標生産タクト達成（効率：+5%）
- 生産指示 納期達成率（99%⇒100%）
- ボトルネック設備トラブル停止（20%⇒2%）
- 日本⇄中国間での同機種生産情報比較

山梨製作所／半導体製造：山梨県南アルプス市 エネルギーの最適運用（省エネ率▲34% / エネルギー自給率100%）



平成28年度 省エネ大賞 受賞（経済産業大臣賞）
コージェネ大賞 2017 優秀賞 受賞

- クリーンルーム空調効率機器
- BCP 対応機器（コージェネ、燃料電池、瞬低対策装置）
- FEMS によるエネルギー需給バランス最適化

※半導体分野向け EMS ソリューション
※クラウド型工場／ビル／施設向け エネルギー管理支援サービス

三重工場／自動販売機製造：三重県四日市市 とまらない設備の実現（プレス工程の故障予知・品質安定）



- 素材（鋼板）搬送、プレス機などの無線によるデータ収集（診断センサ HUB 適用）
- MSPC（多変量解析）による「抜きかす」の離型不良兆候解析（品質不良の撲滅、金型破損の回避）

※異常兆候監視サービス

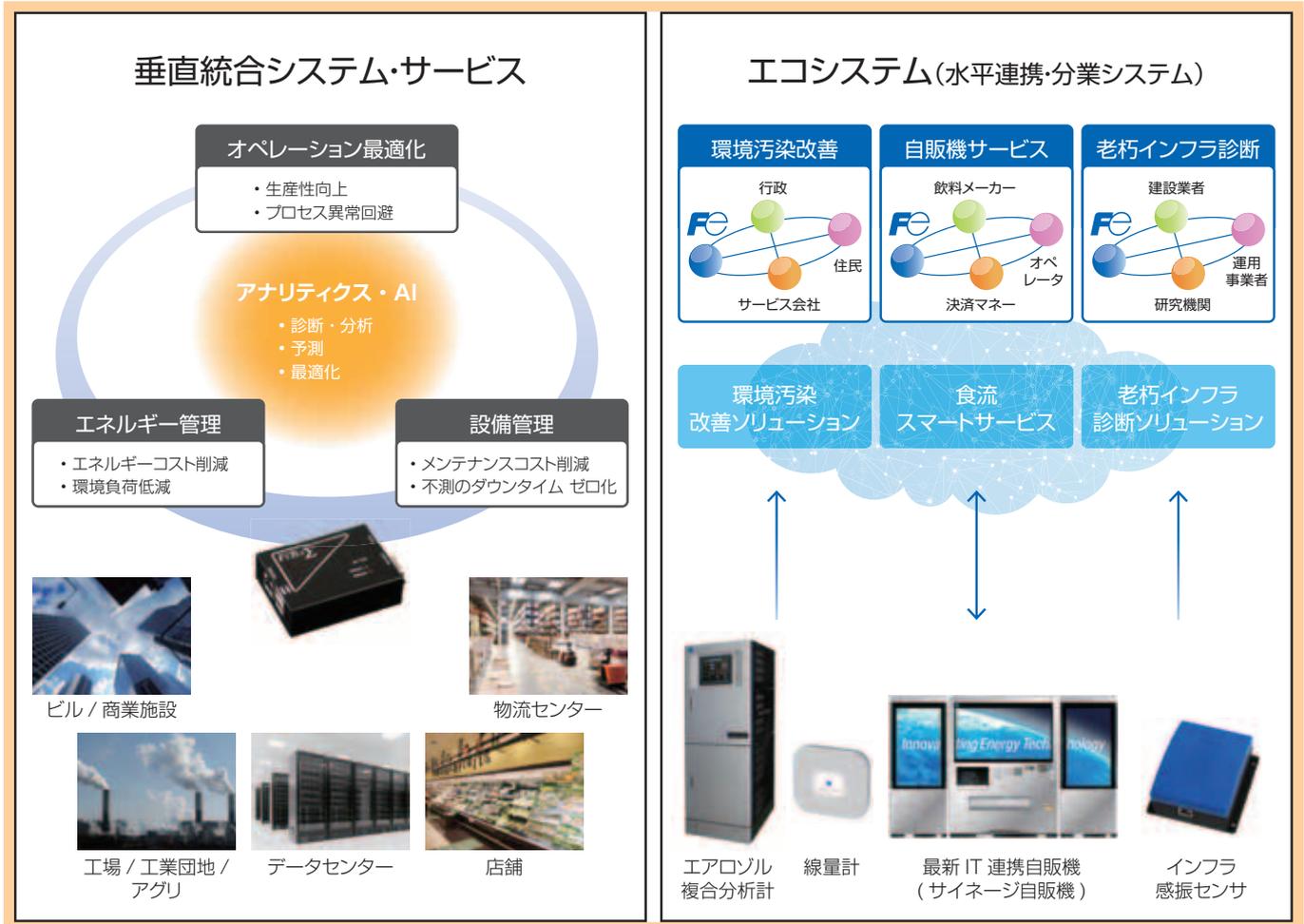
※関連するシステムソリューション

モデル工場ではユースケースを実際にご覧いただけます。ぜひお越しください。

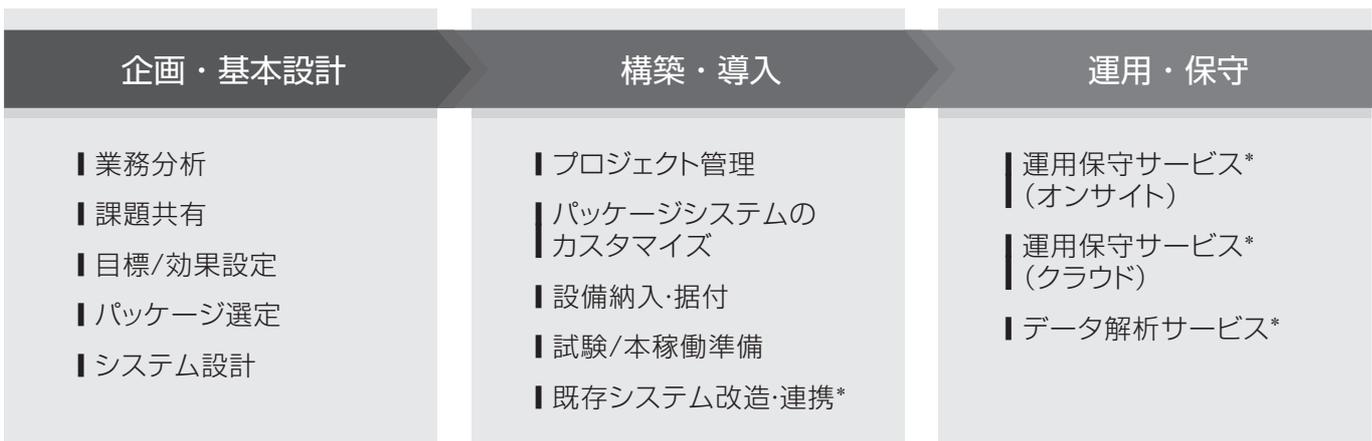
富士電機の IoT コンセプト

Small, Quick Start & Spiral-up

- フィールドデバイスとアナリティクス・AI を強みにお客様の価値を創出
- 素早く始める IoT で、着実な効果、継続的な拡充へ



現場に密着して柔軟に課題解決



*導入手順はパッケージによって異なります。*は、別途見積りとなります。

当社内の導入事例

富士電機の社内工場では下記の取り組みを行っています。

取組みテーマ	製品	パワエレプラント	パワエレコンポーネント	電子デバイス	食品流通	器具
		蒸気タービン/ 変圧器/盤	インバータ/回転機/ PLC/スマートメータ	パワー半導体	自動販売機/店舗什器	ブレーカ/低圧:高圧/ コマンドSW
最適化 (フィードバック)	フィードバック 制御			●異常兆候監視 ●IH真空ハンダ装置 (自立フィードバック)		
	エネルギー 制御		●快適空調 (制御システム)	●エネルギー(需給最適化) ・コージェネレーション ・燃料電池 ・冷凍機/ボイラ	●快適空調(制御システム)	
分かる化 (データ分析・ 活用)	品質安定化			●工程/品質安定化 (多変量解析/Wiserot) ●外観検査 (画像AI)	●プレス工程の異常検出 (多変量解析/ 診断センサHUB)	
	トレーサビ 管理	●板金、組立の トレーサビリティ (RFID)	●スマートメータの トレーサビリティ	●半導体製品のトレーサ ビリティ	●フード機器のトレーサ ビリティ(FIT-QCD/ 入退場管理システム)	●器具製品のトレーサ ビリティ(RFID)
	エネルギー 分析	●LOGFINE	●F-MPC-Eco Web	●MainGATE	●F-MPC-Eco Web	●F-MPC-Eco Web
見える化 (モニタリング)	工場	●ダッシュボード			●ダッシュボード ●ダッシュボードの海外連携	●ダッシュボード ●ダッシュボードの海外連携
	工程内 品質監視		●工程内不良の品質監視 (タブレット)	●工程/品質監視	●外観検査自動化/履歴管理 ●溶接状態の見える化 ●組立工程の品質監視 (RFID/タブレット)	●外観検査自動化/履歴管理 ●工程内不良の品質監視 (タブレット)
	ライン稼働 監視	●作業実績見える化 ●旧型設備を含めた 稼働監視	●設計データ活用による 組立作業指示 ●Pt板の稼働/ 在庫見える化	●自動化ライン	●Pt板の稼働見える化 ●組立ラインの稼働監視 ●組立のデジタル作業指示 (タブレット) ●製造情報の一括見える化 (生産進捗/効率/品質) ●プレス工程の稼働監視	●製造情報の一括見える化 (生産進捗/効率/品質) ●組立ラインの稼働監視 ●プレス工程の稼働監視 ●組立のデジタル作業指示 (タブレット/音声)
	エネルギー 監視	●F-MPC	●F-MPC	●F-MPC	●F-MPC	●F-MPC

会社概要

商号 富士電機株式会社

英文社名 FUJI ELECTRIC CO., LTD.

設立 1923年8月29日

本店 〒210-9530

神奈川県川崎市川崎区田辺新田 1番 1号

本社事務所 〒141-0032

東京都品川区大崎1丁目11番2号
(ゲートシティ大崎イーストタワー)

資本金 476億円(2018年3月期)

社員数(連結) 27,009名(2018年3月31日現在)

グローバルネットワーク

国内販売39拠点	国内製造19拠点	海外販売43拠点	海外製造19拠点
本社、北海道支社、東北支社、 北陸支社、中部支社、関西支社、 中国支社、四国支社、九州支社、 沖縄支社他	川崎工場、東京工場、千葉工場、 鈴鹿工場、松本工場、山梨製作所、 三重工場、吹上工場、大田原工場他	富士電機アメリカ社、富士電機ヨーロッパ社、 富士電機(中国)社、富士電機(香港)社、 台湾富士電機社、富士電機コリア社、 富士電機アジア(シフィック)社、 富士電機(タイランド)社、 富士電機インドネシア社、 富士電機ベトナム社他	富士電機マニュファクチャリング(タイランド)社、 マレーシア富士電機社、フィリピン富士電機社、 常熟富士電機社、無錫富士電機社、 富士電機大連社、富士電機馬達社、 富士SMBE社、富士SEMEC社、RTS社、 フランス富士電機社他

⚠ 安全に関するご注意

*ご使用前に、「取扱説明書」や「仕様書」などをよくお読みいただくか、当社またはお買上の販売店にご相談のうえ、正しくご使用ください。

*取扱いは当該分野の専門の技術者を有する人が行ってください。

FE 富士電機株式会社

本社 〒141-0032 東京都品川区大崎一丁目11番2号(ゲートシティ大崎イーストタワー)
TEL : 03-5435-7035 URL www.fujielectric.co.jp

営業本部
営業統括室 プロモーション部
TEL : 03-5435-7019

お問い合わせは、下記または当社左記事務所へお願いいたします。



Innovating Energy Technology

エネルギー技術を、究める。

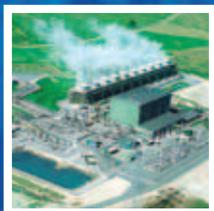
電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。

F **富士電機**

Innovating Energy Technology

エネルギー技術を、究める。

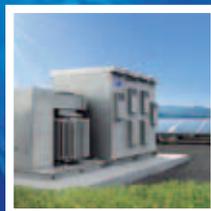
電気、熱エネルギー技術の革新の追求により、
エネルギーを最も効率的に利用できる製品を創り出し、
安全・安心で持続可能な社会の実現に貢献します。



耐食・材料・熱水利用技術
地熱発電プラント



デバイス技術
IGBTパワー半導体



パワーエレクトロニクス技術
メガソーラー向けPCS
(パワーコンディショナ)



パワーエレクトロニクス技術
インバータ



パワーエレクトロニクス技術
UPS(無停電電源装置)



熱交換・冷媒制御技術
ハイブリッドヒートポンプ式
自動販売機

F 富士電機

本誌は、環境に配慮したFSC® 認証紙および
植物油インキを使用しています。また、ユニ
バーサルデザイン(UD)の考えに基づいた
見やすいデザインの文字を採用しています。

