

統合エネルギーマネジメントシステムプラットフォーム

Integrated Energy Management System Platform

堀口 浩 Hiroshi Horiguchi

石川 健一 Kenichi Ishikawa

福山 良和 Yoshikazu Fukuyama

鉄鋼，一般産業，店舗流通，水処理，地域コミュニティなど，さまざまな分野におけるエネルギーの見える化や省エネルギー（省エネ）制御処理を統合し，エネルギーマネジメント機能を迅速かつ廉価に提供するための統合エネルギーマネジメントシステムプラットフォームを開発した。電力，ガス，水，熱などのさまざまなエネルギーモデルを扱うことができ，自然エネルギーも含めた省エネ最適制御が可能である。各種 Web 画面において各国の言語をサポートし，サーバ1台の小規模システムから数十台にも及ぶ大規模システムまでを同じエンジニアリングツールで簡単に構築できる。

Fuji Electric developed an integrated energy management system (EMS) platform that can visualize energy consumption and integrate energy-saving controls for the steel industry, general industry, stores, distribution, water treatment, regional communities, and so on to provide energy management functions expeditiously and at low cost. The platform can treat various energy models such as electric power, gas, water and heat energies and can realize optimal energy-saving control including renewable energies. In the platform, various web screens support local languages, and systems ranging in size from a small single-server system to a system consisting of several tens of servers can be developed easily using the same engineering tools.

1 まえがき

日本政府の温室効果ガス削減の中期目標設定（2020年までに1990年比で25%排出を削減）をはじめ，「エネルギーの使用の合理化に関する法律」（省エネ法）の改正，さらには今年に発行を予定しているエネルギーマネジメントに関する国際規格（ISO 50001）など，地球温暖化防止への対応が急務とされている。また，世界的にも持続可能な社会を目指したスマートコミュニティが数多く推進され，新エネルギーの導入や省エネルギー（省エネ）への取り組みが進んでいる。これらを実現するには，エネルギーの需給全体を統合した管理・運転が必要であり，エネルギーマネジメントシステム（EMS）が今まで以上に大きな役割を担うことになる。

富士電機は，電力，鉄鋼，水，産業，店舗流通などの各分野においてエネルギーサプライチェーンに着目した各種EMSを開発してきた⁽¹⁾。これら地域EMS（CEMS），工場EMS（FEMS），ビルEMS（BEMS），店舗流通EMS（REMS）の各機能を一つのプラットフォーム上に統合化し，さまざまな現場ニーズに合ったEMS機能を迅速かつ廉価に提供するための統合EMSプラットフォームを開発した。

2 構成と機能

2.1 開発コンセプト

統合EMSプラットフォームは，EMSを構築する上での核となる重要なミドルウェアである。その開発コンセプトは次のとおりである。

- (a) さまざまなエネルギー（電力，ガス，水，熱など）設備に対して，分野を問わず目的に応じた各種エネルギー

最適化・制御機能を選択し実装できること。

- (b) ユーザのエネルギー設備規模に応じて，サーバ単独から複数サーバの大規模分散システムまでが簡単かつ同じエンジニアリング操作で短期間に構築できること。
- (c) オンライン運転中においても，システム増強やシミュレーションによるエネルギー設備拡張・更新時の評価が行えること。

2.2 ソフトウェア構成

図1に，統合EMSプラットフォームとその周辺ソフトウェア構成を示す。ソフトウェア構成は，各種Web画面，実績データ管理，最適化・制御プログラム群と，現場センサや制御装置との通信を管理するドライバ管理など，一般的なEMSの構成と同じである。本プラットフォームの最大の特徴は，それらを結び付ける高速プログラム連携サービス「Fuji Service Bus」，高速データ共有サービス「Field Connector」，統一エネルギーネットワークモデルにある。ニーズに応じてサーバ1台から複数台の大規模分散サーバ構成のEMSを，同じプラットフォーム上に同じエンジニアリング操作で短期間に構築することができるようになっている。

統合EMSプラットフォームの中心となるこれらの機能およびその周辺の機能について説明する。

2.3 高速プログラム連携サービス「Fuji Service Bus」

EMSを構築するには，制御対象の規模，要求されるソフトウェアの機能数，監視制御の周期や必要なサーバの冗長性に応じて，シングルサーバ構成から，CEMSなどのサーバが十数台に及ぶ大規模分散サーバ構成となる場合もある。

「Fuji Service Bus」は，このようなサーバ構成の差異

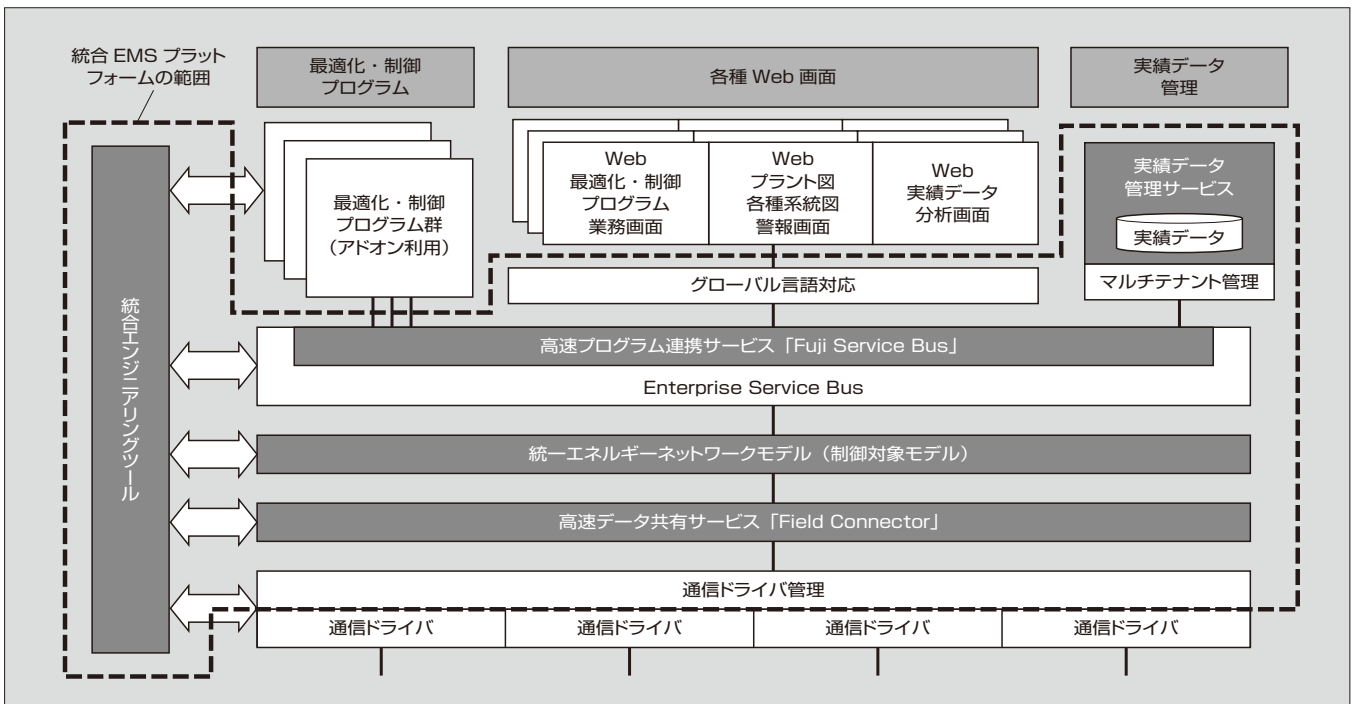


図1 統合 EMS プラットフォームとその周辺のソフトウェア構成

を意識することなく、各サーバに分散配置する最適化・制御プログラム間や Web 画面と最適化・制御プログラム間での処理を連携させるための仕組みである。

従来、分散環境におけるプログラムの呼出しは“X プログラムは Y サーバ上に存在する”というように、各プログラムのサーバ配置情報を事前に定義していた。そのため、制御対象量の増加に伴うサーバ増強作業やサーバ構成変更作業時には、システムエンジニアによってシステムを停止させ、各プログラムのサーバ配置情報を再定義する必要があった。

これに対して Fuji Service Bus では、事前のプログラムのサーバ配置情報定義を必要とせず、サービス名（プログラムの持つ機能名）だけでいずれかのサーバ上に存在する該当プログラムを呼び出すことができる。これは、Fuji Service Bus が各サーバに存在するサービス名リストを動的かつリアルタイムに情報交換しているためである。

これにより、ユーザが後述する統合エンジニアリングツールの簡単な操作によって、最適化・制御プログラムを新規に追加したり、既に搭載している最適化・制御プログラムを CPU 負荷に合わせてサーバ間を移動させたりしても、Fuji Service Bus が瞬時に各プログラムのサーバ配置情報を把握する。このため、システム運転を継続したままでの作業が可能となっている。

また、これまでが開発してきた各分野の最適化・制御プログラム群は、さまざまな言語（C, C++, Java）を使用しているため、容易に相互連携することができなかった。これに対して Fuji Service Bus は、開発言語に依存せず相互に連携できる。このため、富士電機の EMS ソフトウェア資産を統合的に提供できるようになっている。

今後、Fuji Service Bus は汎用的な Enterprise Service

Bus とも連携させ、グローバルスタンダードな基幹系ソフトウェアとの標準的な連携を実現する。

2.4 高速データ共有サービス「Field Connector」

各プログラムは Fuji Service Bus により、どのサーバ上に配置しても相互に連携することができる。しかし、各プログラムが実際に演算や制御するためには、各プログラムがどのサーバ上にあってもオンラインデータの参照や制御指示が行える環境が必要である。「Field Connector」は、これを実現する仕組みである。

Field Connector は、TAG 管理（“TAG0001”などの TAG 名とその TAG 値でデータ管理する方式）によってオンラインデータを管理する。一般的な TAG 値は整数値や浮動小数点値を 1 個のみ扱うのに対して、Field Connector の TAG 値は可変長の文字列である。これにより 30 分ごとの発電計画値など、連続する複数個の数値データもカンマ区切りの文字列データとして扱うことで TAG 値に記憶できるようになっている。例えば、次に示す順にプログラム間でデータ連携（30 分単位で 24 時間分の連続データ）する場合にも TAG 管理が有効利用できる。

- (a) 電力需要予測プログラム
- (b) 電力需要予測値に合わせた発電機ごとの最適発電計画プログラム
- (c) 最適発電機計画に沿った発電機制御プログラム

さらに、全サーバ上の Field Connector は相互に連携しており、各サーバ上の Field Connector が全サーバの TAG 値を管理するため、TAG 値を参照・更新する各プログラムがどのサーバ上に存在していても問題なく動作する。

次に、Field Connector はプログラム間のデータ連携に利用するだけでなく、通信ドライバ管理を経由して現場機

器と接続する機能を持っている。現場センサや制御機器と通信して得られるオンラインデータを TAG 値として管理し、また逆に TAG 値への設定をそのままフィールド機器に制御出力することも行う。

このように、Field Connector により、どのサーバ上からも各種プログラム間のデータ共有、システム全体のオンラインデータ参照、制御出力が可能となっており、ニーズに応じたシステム構成が簡単に構築できる。

Field Connector は、システム全体で 50 万個の TAG を管理することができる。

2.5 統一エネルギーネットワークモデル

エネルギーネットワークモデルは、電力、ガス、水、熱などのエネルギーが各機器においてどのように変換・伝達されるかを定義したものである。

エネルギーの最適化や需給バランス制御を行うためには、その制御対象のエネルギーの伝達関係を各種最適化・制御プログラム群が共通に認識する必要がある。従来の各分野の最適化・制御プログラム群では、最も効率良く計算するためにそれぞれ異なるモデル表現方式を適用してきた。このため、適用する最適化・制御プログラムごとに異なるエンジニアリングツールでモデル定義を行う必要があった。

これに対して、ユーザでも簡単にエンジニアリングができるようにするため、直感的に理解しやすく、適用する最適化・制御プログラムに依存しない共通の統一エネルギーネットワークモデルとなるように、表現方法やデータ構造を規定した。これにより、適用する最適化・制御プログラムの種類に関係なく、同一エンジニアリング操作によるエネルギーネットワークモデルの定義ができるようになった。

図 2 に、統一エネルギーネットワークモデルの表現例を示す。

本モデル表現方式ではノードに設備を置き、設備間の接続関係をブランチで結ぶノード－ブランチモデルで表現する。さらには、ノードにはエネルギーの変換特性（効率など）の定義や最大出力、現場機器のリアルタイム状態を入力する TAG 名や制御出力先の TAG 名なども機器のプロパティとして定義する。ノード機器の種類によってどのようなプロパティが必要であるかは事前に統一管理している。このモデル定義は xml データとして出力され、各分野の

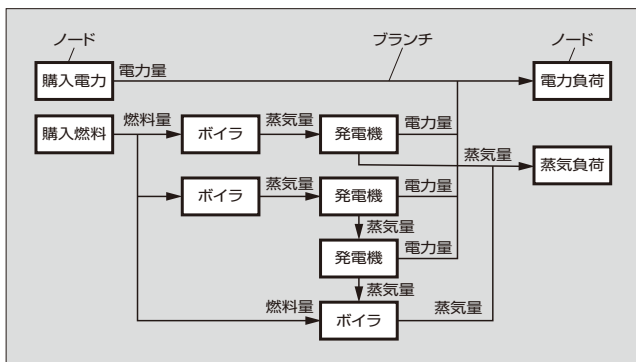


図 2 統一エネルギーネットワークモデルの表現例

最適化・制御プログラムで利用するモデル表現形式へとそれぞれ変換して使用する。

電力システムモデルの作成においては IEC 61968 および IEC 61970 の CIM (Common Information Model : 共通情報モデル) と統一エネルギーネットワークモデルとの相互変換機能を開発中であり、既設の系統設備データがより簡単に取り込めるようになる。

2.6 実績データ管理サービス

実績データ管理サービスは、Field Connector から定期的に TAG 値を抽出し実績データとして蓄積管理する機能であり、標準装備するエネルギー分析機能を利用することにより、エネルギー使用状況を分かりやすく分析することができる。

実績データ管理サービスでは、各実績データを事業所・工場、建屋、ライン、機器のような設備階層上にひも付けておくことにより、企業全体や任意の設備階層配下でのエネルギー集計が瞬時に行える。表示方法として、エネルギー種類構成グラフ（ガス、重油、石炭、電力など）やエネルギー用途構成グラフ（動力、空調、照明など）を t-CO₂ (二酸化炭素換算トン) や原油量換算で表示することができる。また、任意の計測データを組み合わせることでグラフ化し表示することや、表計算ソフトウェアに出力して独自の分析を行うことも可能である。

実際のエネルギー分析においては、生産量や稼働時間なども考慮した分析も重要である。実績データ管理サービスは、設備階層上にエネルギー以外のさまざまなデータを関連付けて管理することができ、設備階層位置を横串にしたエネルギー分析が行えるようになっている(図 3)。

実績データ管理サービスは、マルチテナント管理機能を持っている。これは、SaaS (Software as a Service) 環境に本機能を搭載すると、1 台のサーバでも同時に複数企業(複数テナント)に対して実績データ管理サービスを提供できるものである。

本サービスは、スマートコミュニティなどにおいて各家庭やビル、企業から収集したエネルギーデータを見える化サービスとして提供し、省エネへの意識を高めるための有効な手段となる。

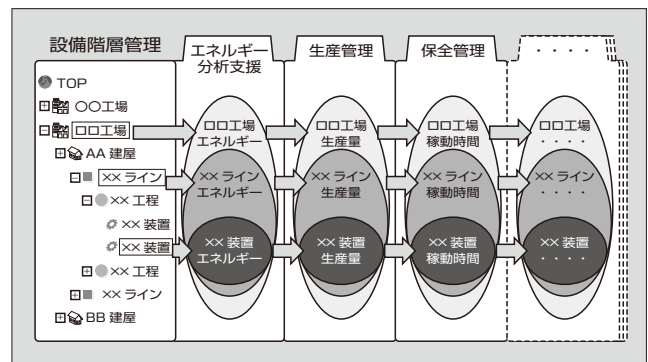


図 3 設備階層管理を中心としたエネルギー分析

2.7 統合エンジニアリングツール

統合エンジニアリングツールは、ユーザでも簡単にシステムを構築できるように開発したもので、エクスプローラー風にユーザ画面や業務機能を配置することにより、各サーバへの画面プログラムや最適化・制御プログラムの配置作業を自動的に行う。統合エンジニアリングツールの画面例を図4に示す。

まず、画面左側の機能階層欄にエネルギーネットワーク

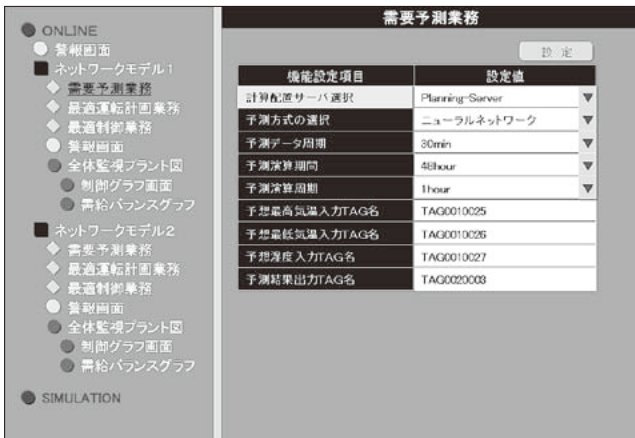


図4 統合エンジニアリングツール画面例

モデルを配置し、そのモデルに対して動作させる各種業務機能（最適化・制御プログラムとその業務画面プログラムがセットになったもの）をニーズに合わせて配置する。次に、画面右側で各業務機能に対する機能設定と最適化・制御プログラムを配置するサーバの指定を行うだけでエンジニアリングは完了する。

統合エンジニアリングツールは、機能設定の内容に合わせて、画面プログラムや最適化・制御プログラムを各サーバに自動的に配置する。

2.8 シミュレーション環境

図4の画面例では、“ONLINE”配下にモデルと各種業務機能を配置したが、このモデルとその配下の各種業務機能を“SIMULATION”配下に貼り付けるだけでオンラインとは別のシミュレーション環境での動作検証を行うことができる。

このシミュレーションでの検証目的は、モデルに新しいエネルギー設備を追加した場合の導入効果を評価する、あるいは制御パラメータの変更による省エネ制御出力の妥当性を評価するなどである。

シミュレーションを実現するために、Fuji Service Bus や Field Connector, 実績データ管理サービスはそれぞれオンラインとシミュレーションの異なる二つの環境を持つ

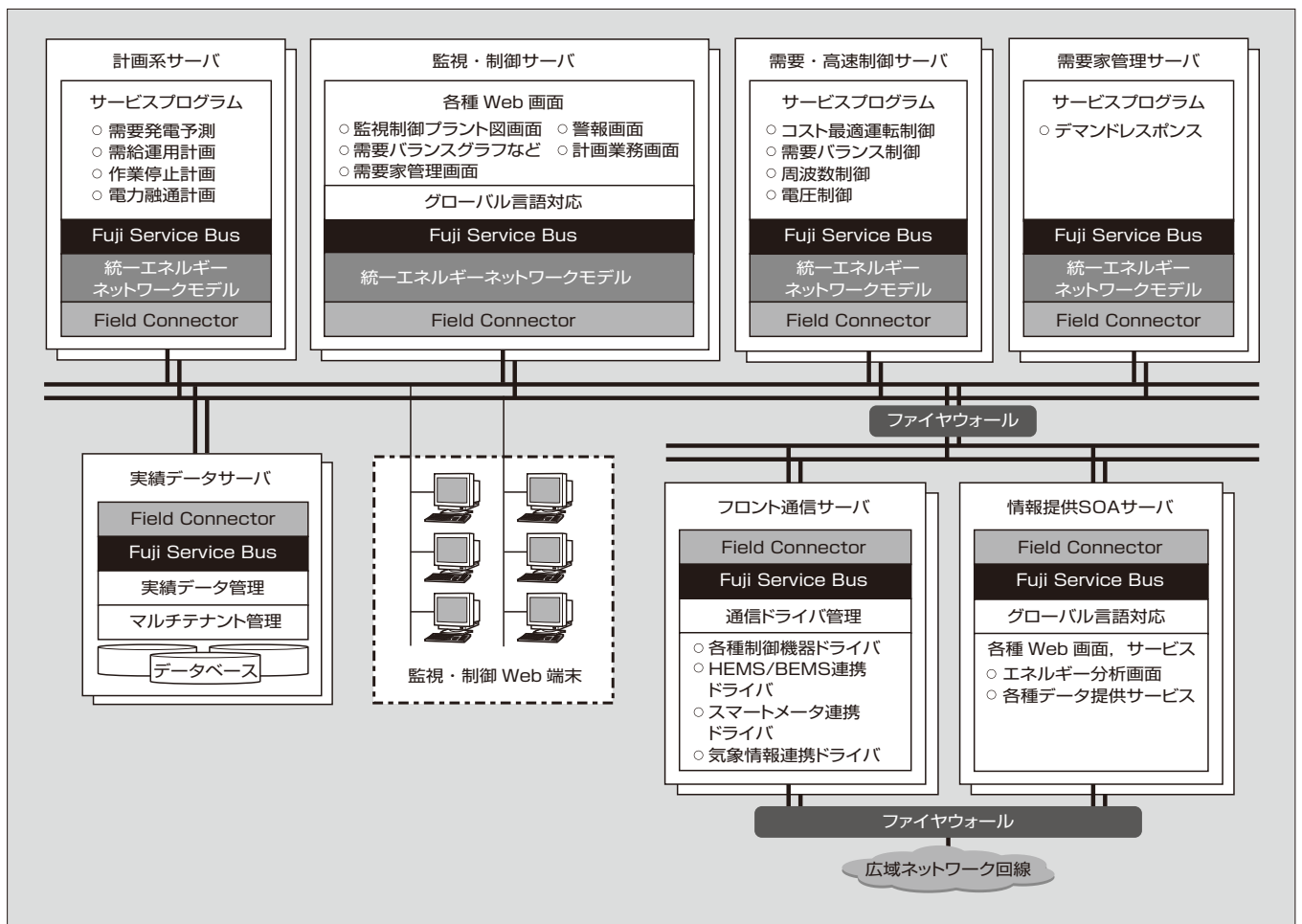


図5 統合EMSプラットフォームによるCEMS構成例

ている。これによりオンライン運転を継続したまま、シミュレーションでの各種検証が可能となっている。

特に Field Connector のシミュレーション環境では、TAG への制御出力を実際の制御機器には連携させず、TAG 値の設定までにとどめ、シミュレーション環境の制御実績データとして記録し、グラフ表示により制御指令の妥当性を確認できる。

③ 地域エネルギーマネジメントシステムへの適用

本 EMS プラットフォームを地域エネルギーマネジメントシステム (CEMS) へ適用する場合のシステム構成例を図 5 に示す。

CEMS における各サーバは、信頼性を高めるため、全て二重化構成を採用している。監視・制御サーバが全 Web 画面のサーバ機能を持ち、実績データサーバがデータベースを管理している。その他の各種サーバは、CPU 負荷分散のためにそれぞれ独立したサーバの構成としている。今後、現場と通信を行うフロント通信サーバならびに各家庭やビル管理者にエネルギーの見える化サービスを提供する情報提供 SOA サーバは、接続する通信対象の数量や同時アクセス数の増加に応じてサーバを増設できる。

各サーバに Field Connector を実装することで、フロント通信サーバが受信した現場 TAG 値は各サーバで参照することができる。また、監視・制御サーバや需給・高速制御サーバ、需要家管理サーバは、現場 TAG へのデータ書込みによって、フロント通信サーバ内の通信ドライバ経由で制御できる。また、計画系サーバで計算した発電機最適運転計画値なども TAG 値として需給・高速制御サーバに通知され、バランス制御の目標値として使用する。

各種最適化・制御プログラムは、負荷分散のために各サーバへ分散配置している。Fuji Service Bus を経由してどのサーバからも呼出し可能であり、システム運用負荷に応じて配置変更できる。

このように、Field Connector, Fuji Service Bus の強力な分散対応プラットフォームによって、容易かつ短期間に大規模 EMS の構築が可能となっている。

今回開発した EMS プラットフォームは、経済産業省が北九州市などで進める“次世代エネルギー・社会システム実証”の中で評価を行う予定である。

④ あとがき

富士電機の総合エネルギーマネジメントシステム (EMS) プラットフォームについて紹介した。EMS は個別最適化から全体最適化へと進化しつつある。どのサーバからでも EMS 全体の把握・制御が可能となる本 EMS プラットフォームは、さらに高度な全体最適化の実現に有効である。今後、エンジニアリングツールのさらなる充実も含め、使いやすさ、性能、価格面でインパクトのある EMS を提供し、持続可能な社会の実現に向けて貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 東谷直紀ほか. 需要家向けエネルギー・環境ソリューション. 計測技術. 2010-9, p.16-19.
- (2) 西田英幸ほか. オンライン最適化技術と制御プラットフォーム「FeTOP」. 富士時報. 2006, vol.79, no.3, p.274-278.
- (3) 小出哲也ほか. エネルギープラントの最適運用システム. 富士時報. 2008, vol.81, no.2, p.130-134.
- (4) Fukuyama, Y. et al. “Development of an optimal operational planning system for energy plants in steelworks”, Proc. of IFAC World Congress, 2008-7.



堀口 浩

監視・制御システム分野におけるソフトウェア技術基盤の企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所制御技術開発センター需要家ソリューション開発部主査。



石川 健一

監視・制御システム分野におけるソフトウェア技術基盤の企画・開発に従事。現在、富士電機株式会社生産統括本部東京事業所システム技術センターソフトウェア開発部マネージャー。情報処理学会会員。



福山 良和

監視・制御システムの企画・研究開発業務に従事。現在、富士電機株式会社技術開発本部製品技術研究所制御技術開発センター需要家ソリューション開発部長。工学博士。電気学会上級会員、IEEE 会員、計測自動制御学会会員。



*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。