スマートなインフラの実現を支援する情報・制御融合プラットフォーム

Innovative Information & Control Systems Platform for Smarter Infrastructure

小川 尚雄 Ogawa Hisao
宮尾 健 Miyao Takeshi
足達 芳昭 Adachi Yoshiaki

スマートなインフラの実現を支援するプラットフォームにおいては，情報・通信技術と制御技術を融合させることにより，情報を高度に活用できる機能・環境を提供することが重要になる。このために，日立グループは，情報・制御融合プラットフォームにおいて，制御情報の流れ（制御情報流）を制御することで，制御情報の可視化，情報間連携，およびシステムを再構成させることをコンセプトとして提案している。

日立グループは，このプラットフォームを活用して，顧客のビジネスにおける価値創造に向けて貢献していく。

1. はじめに

低炭素社会の実現に向けて，スマートグリッド，電力エネルギーの需給協調システム，あるいは次世代交通システムなど，スマートなインフラに対する提案や実証試験が開始されている。一方，このスマートなインフラを支える情報・制御システムの役割はますます重要になってきており，この情報・制御システムの中に技術革新の著しい情報・通信技術を積極的に取り込み活用していくことが求められている。このとき，情報系システムと制御系システムでは，許容される時間や取り扱うデータ量なども違うため，これらの違いを意識して活用することが求められる。

ここでは，情報・通信技術と制御技術を融合させた，情報・制御融合プラットフォームのコンセプトとプラットフォーム技術について述べる。

2. スマートなインフラを支える情報・制御システム

2.1 スマートなインフラ

スマートなインフラは，水利用システムや次世代送配電網（スマートグリッド）などさまざまな分野に適用され，また，そこで使用される技術や課題なども数多くある。例えば，スマートな水利用システムとして提唱されている「インテリジェントウォーターシステム」構想においては，水処理技術や監視制御技術をはじめとする要素技術の高度化や，システム間の連携技術の高度化が必要となる。また，スマートグリッドでは分散電源導入時の系統安定化に関する課題をはじめ，数多くの課題を抱えている。このため，日本はもとより，欧米においても急速に技術開発が行われ，課題解決のための大規模実証試験が開始されている。

一方，スマートなインフラにおいては，数多くの装置，設備間あるいはサブシステム間の情報連携が必要となるため，システム間の相互運用性を確保する観点から，国際標準化も戦略的に進められている[1)]。

2.2 情報・通信技術と制御技術の融合

情報・制御システムにおいては，装置や設備に対する制御要求情報やその応答情報，あるいは装置や設備から取り込まれる状態情報や計測情報などがある。また，情報・制御システムを構成する装置や設備間，あるいはサブシステム間でやり取りされる情報もある。ここではこれらの情報

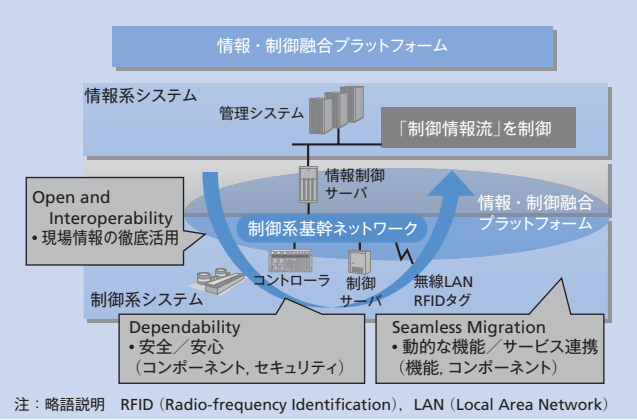

図1 | 情報・制御融合プラットフォーム
プラットフォームでは，情報・通信技術と制御技術を融合させて，制御情報の流れ（制御情報流）を制御する。

をまとめて,「制御情報」と呼び,この制御情報に着目する。これらの間でやりとりされる制御情報は，例えば，電力量メーターの自動検針システム「AMI（Advanced Metering Infrastructure）」に代表されるように，電力量メーターから収集される制御情報は膨大な量となる。しかも，AMIで扱う制御情報には，電力量メーターから収集される制御情報（電力量のデータなど）だけでなく，電力量メーター開閉器を制御するための制御情報や，電力量メーターなどの設備を管理するための制御情報，あるいは電力料金システムと連携させるための制御情報などもある。これらの制御情報は，さまざまな種類やデータ属性をもっており，それぞれ利用目的が異なる。さらに，地域全体のエネルギー管理システム「CEMS（Cluster Energy Management System）」における制御情報に着目すると，取り扱う制御情報の量や種類,データ属性などもさらに多く,複雑となる。したがって，情報・制御システムでは，これらの制御情報を目的に応じて高度に活用できることが求められる。

目的に応じた高度な活用を行える情報・制御システムを実現するためには，情報系システムの技術活用だけでも，また制御系システムの技術活用だけでも限界がある。そこで，制御技術を核にして，情報・通信技術を融合させた新たなプラットフォームを実現する（**図1**参照）。これにより，このプラットフォームを使用した情報・制御システムは，ユーザーの新たなサービスの創生，あるいは既存サービスの高付加価値化などを支援できるようになる。

3. スマートなインフラの実現に向けた課題

情報・通信技術と制御技術を融合させ，制御情報を高度に活用する際の課題について以下に述べる。

例えば,「融合」という名の下に，制御系システムと情報系システムをネットワークで接続して，現場設備から発生する情報（制御情報）を収集し，これを情報系システムの各種業務パッケージを使って活用するというアプローチだけでは，その効果が限定的となるケースが多い。ここでの課題としては，下記の三つが挙げられる。

(1) 制御情報の価値増大化

制御系システムが持つ技術と情報系システムが持つ技術の特徴を生かして，適材適所でそれらの技術を組み合わせて使用することになる。しかし，制御情報の流れが単方向である場合が多く，この制御情報から新たな制御情報の流れを発生させることができないため，単方向の制御情報からだけでは制御情報の価値を増大させることが難しい。したがって，制御情報の流れを双方向にし，精度の上がった新たな制御情報を取得できるようにする必要がある。また，情報系システムのサービスの情報と制御情報とを連携させることにより,制御情報の価値を増大させるだけではなく,サービス自体の価値を増大させるようにする必要がある。

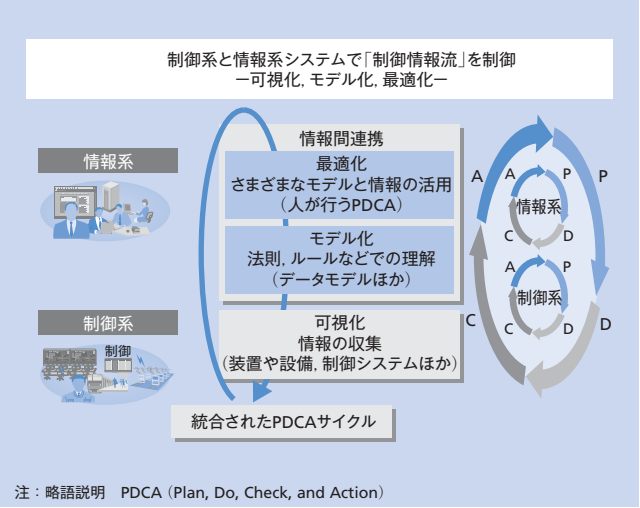

図2｜PDCAサイクルによる制御情報の付加価値の向上
情報系，制御系それぞれにおいて，可視化・情報間連携のPDCAサイクルを回すことにより，システム全体のPDCAサイクルを回す。

(2) 制御情報間連携

制御情報そのものが単独で処理されることが多いため，制御情報から得られる結果（効果）が限定的となる場合がある。単独の制御情報だけでは，対象となる制御のみを行った結果であり，部分最適に留まる。しかし，より広い範囲の複数の制御情報を連携（例えば，組み合わせ）させることにより，さらに最適化された結果を得られるようにすることが必要である。

(3) 進化に対するシステムの適応力（システム再構成力）

インフラは進化（変化）を続けるため，この進化（変化）に対して，現システムに大きな影響を与えることなく，システムを適応（再構成）させ続けられることが必要である。

4. 課題に対するソリューション

前章で述べた課題を解決するプラットフォーム側の条件としては，制御情報の可視化，連携，およびシステム再構成（進化・変化に対するシステムの適応力）の三つの機能を具備することが必要である。一方，システム構築では，可視化，モデル化，最適化といった段階[2]があるが，これらを，各レイヤ（装置，設備，制御系システム，情報系システムなど）においてPDCA（Plan，Do，Check，and Action）サイクルで回し，制御情報の付加価値を向上させ続けていくことが必要である（**図2**参照）。

(1) 可視化

制御すべき対象装置や設備などの状態，状況を目的に合った形で見えるようにすることが必要である。取得すべき周期を短くして，制御すべき対象から，より詳細な情報を取得することも一つのアプローチではある。しかし，制

御情報と制御情報を連携させること，すなわち他の情報との組み合わせや相関をとることにより，目的に合った制御情報を取得することがいっそう重要となる。また，制御情報の分析結果に基づいて，より詳細な制御情報を取得して，さらに，新たに必要とされる情報を取得して活用する。

(2) 連携（情報連携，設備連携）

制御情報間連携については，同種の情報連携だけでなく，異質情報や異なった設備までを含めて連携させることが必要である。可視化によって見えるようになった制御情報を基に，設備を連携させたり，見えるようになった制御情報と情報系のサービスの情報とを連携させることにより，情報系の各種サービスを質的に向上させることができる。これにより，ユーザーは新たなサービスを創生する契機を得られるが，これらを実現するためには，装置や設備間，サブシステム間のインタフェースの標準化も必要である。

(3) システム再構成（進化・変化に対するシステムの適応力）

スマートなインフラを構成する多岐にわたる構成要素（ハードウェア，ソフトウェア，システム，規約，制度など）は，個々の要素の技術進展や社会環境などにより，それぞれ進化を続ける。この進化により，規模（量）の拡大や質の変化，他のサービスや設備との新たな連携，あるいは新たな運用などが行われるようになる。このとき，タイムリーかつ安全に，しかも他のサービスに影響を与えないようにシステムの再構成を確実にできることが重要である。このためには，プラットフォームはサーバやネットワークも含めたシステムリソースを仮想化させ，さらに新・旧のシステムが混在した環境においても機能間連携が実現できるようにしなければならない。

5. 情報・制御融合プラットフォーム

5.1 プラットフォームコンセプト

このプラットフォームにおいては，装置，設備あるいはサブシステムからそれぞれ発生する制御情報や，これらの間でやり取りされる膨大な制御情報を，「意味を持った制御情報の流れ（以下，制御情報流と記す。）」としてとらえる。

この双方向の制御情報流に対して，このプラットフォームは，制御（情報間連携）を行い，新たな制御情報流を創出することを繰り返すことにより，例えば今まで見えなかったものを目的に合った形で見えるようにする機能・環境を提供することをねらっている（図3参照）。

なお，情報間連携においては，大量の実業データとITリソースを活用し，知識をサービスとして提供する知識指向サービスKaaS（Knowledge as a Service）基盤[3]との連携も考えられる。

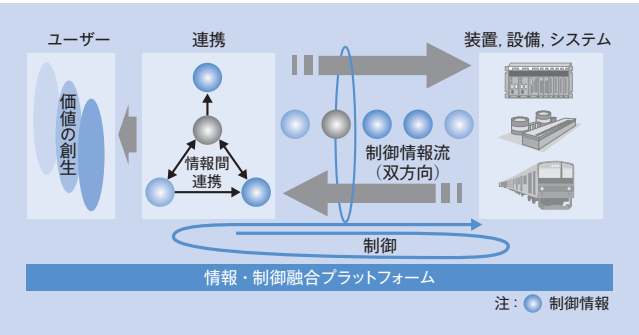

図3｜プラットフォームコンセプト
双方向の「制御情報流」を制御し，情報間連携をさせることにより，ユーザーの新たな価値の創生を支援する。

5.2 プラットフォーム技術

情報・制御融合プラットフォームはシステム内はもとより，システム間を横断させて情報間連携をさせるものであり，五つの技術が相互にかかわっている（図4参照）。

具体的には，これまでに培ってきた「高信頼・リアルタイム制御技術」を核にして，制御情報流を制御する「情報間連携技術」，連携させるべき情報をタイムリーに確実に届ける「ネットワーク制御技術」，システム全体にまたがってシステムの統合や変化への適応を支援する「自律分散システム技術」，および，システムの特質に合った監視レベルや運用を支援する「運用・監視技術」から構成される（図5参照）。

(1) 高信頼・リアルタイム制御技術

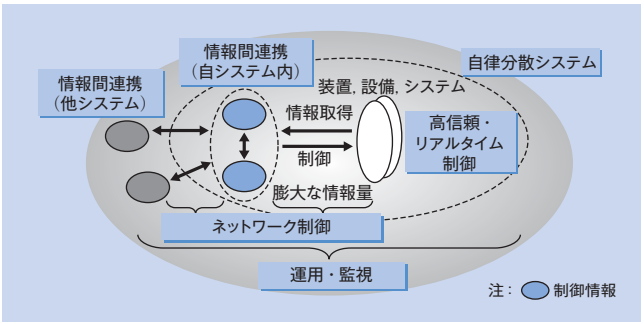

図4｜プラットフォームにおける構成技術のかかわり
情報間連携をさせるために五つの技術が相互にかかわっている。

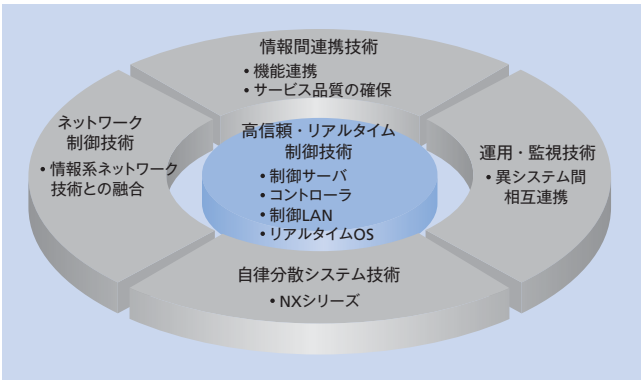

図5｜プラットフォーム技術
高信頼・リアルタイム制御技術を核にして，情報間連携技術，ネットワーク制御技術，自律分散システム技術，および運用・監視技術から構成される。

情報・制御システムの核となる，リアルタイム性と高信頼性を確保した制御技術である。制御サーバ，コントローラ，制御LAN，およびLinux※1)ベースのリアルタイムOSである「HiRUXS（Hitachi Real-time UNIX※2) System）」などから構成される。コンポーネントの多重化や各種診断機能などにより高い信頼性を確保しており，フォールトトレラント（無停止型）サーバや機能安全規格であるIEC61508認証を取得したコントローラ，Ethernet※3)ベースの高速制御LANに代表される。

例えば，高速制御LAN（μΣNetwork-1000）には，高速（1 Gビット/s）／大容量メモリ転写通信（1 ms周期）技術や，制御系データ通信を優先させる帯域制御技術，ネットワーク障害発生時の高速縮退（通信の継続）技術などを適用している。

(2) 情報間連携技術

制御情報流を制御する技術である。前提として，大量の情報を効率よく，確実に取得することや，その情報を確実に，しかも安全に処理することが重要である。したがって，情報系システムのDB（DataBase）基盤との連携強化，情報のフィルタリング（ポリシーに基づく情報の選択）やセキュリティ〔認証，情報隠蔽(ぺい)化〕の確保も必要となる。また，特に，他システムとの間での情報間連携においては，情報の種類や属性，あるいは運用ポリシーに応じた優先制御なども必要となり，ネットワーク制御技術と合わせて発展させていくことが求められる。

(3) ネットワーク制御技術

リアルタイム性と高信頼性を確保したネットワーク制御技術を核にして，情報系ネットワーク技術との融合が求められる。情報系システムと制御系システム間の情報間連携をシームレスかつ密に行うためには，情報系システムと制御系システムを横断したサービス品質（QoS：Quality of Service）の確保が求められる。例えば，現在，IEEE（The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.）で標準化が進んでいる優先度に従ったフロー制御（802.1Qbb）の考えや，情報の属性や運用ポリシーに従ったフロー制御なども必要である。

(4) 自律分散システム技術

自律分散システム技術を採用することで，装置やアプリケーション間の相互依存度を「疎」にしたシステムを実現できる。これにより，システムの段階的拡張や変更への対応，あるいは新しい技術や製品のタイムリーな取り込みをしやすくでき，スマートなインフラの進化や顧客のビジネス環境の変化にも適応しやすいシステムを構築できる。

(5) 運用・監視技術

スマートなインフラにおいては，監視対象の広がりや監視精度の向上に伴い，監視すべき情報の増加などへの対応も必要となってくる。また，特定の監視システムとは違い，それぞれ異なった特質を持つ監視システムとの連携や統合も求められる。さらに，運用と高度にリンクさせるためには，情報間連携技術やネットワーク制御技術を活用した機能と密に連携させることが必要になる。

情報制御融合プラットフォームは，前述のプラットフォーム技術を活用して，スマートなインフラの実現を支援していく。

6. おわりに

ここでは，情報・制御融合プラットフォームのコンセプトとプラットフォーム技術について述べた。

今後，インフラのスマート化が急速に進展するにしたがい，情報と情報を連携させながら，これらの情報群を高度に活用していくことがますます重要となる。

日立グループは，今後も情報・制御融合プラットフォームを進化させ，顧客のビジネスにおける価値創造に貢献していく所存である。

※1) Linuxは，Linus Torvaldsの米国およびその他の国における登録商標あるいは商標である。
※2) UNIXは，X/Open Company Limitedが独占的にライセンスしている米国ならびにその他の国における登録商標あるいは商標である。
※3) Ethernetは，米国Xerox Corp.の登録商標である。

参考文献など

1) 次世代エネルギーシステムに係る国際標準化に向けて，http://www.meti.go.jp/press/20100128003/20100128003-2.pdf
2) 新：自動化と『守』，『破』，『離』—情報家電システムの可視化，モデル化，最適化—，計装，Vol.47，No.3，p.58～61（2004）
3) 森，外：高付加価値ビジネスをもたらす知識のサービス化「KaaS」，日立評論，91，7，600～603（2009.7）

執筆者紹介

小川 尚雄
1984年日立製作所入社，情報制御システム社 情報制御ソリューション本部 所属
現在，システムコンポーネント開発の取りまとめに従事

宮尾 健
1987年日立製作所入社，情報制御システム社 情報制御ソリューション本部 プラットフォーム開発部 所属
現在，システムコンポーネント開発の取りまとめに従事

足達 芳昭
1978年日立製作所入社，情報制御システム社 情報制御ソリューション本部 所属
現在，制御サーバ，ネットワークのソフトウェア開発に従事
技術士（情報工学）