

情報制御システム

— 共生自律分散で実現するオープンイノベーション —

入江 直彦
Irie Naohiko

大橋 章宏
Ohashi Akihiro

小野寺 剛
Onodera Takeshi

加藤 博光
Kato Hiromitsu

社会インフラを取り巻く動向

近年、IoT^(a)による新たなイノベーションをめざす動きが製造業を中心に活発になっている。米国においては、GE(General Electric Company)を中心としたIndustrial Internet Consortium (IIC)が、ドイツにおいては、ドイツ政府主導のIndustrie 4.0がそれぞれ立ち上がり、製造業とIT業界を巻き込んだエコシステムの形成や標準化への取り組みがなされている。

IoTの目的は、モノ^(*)を作る側の効率向上と、それらを使う側の利便性向上に大別することができる(図1参照)。同図の左側、すなわち、モノを作る側の機器や工場においてIoTを活用することで、生産性向上や在庫圧縮などが実現し、より賢くモノを作ることができる。Industrie 4.0は、主にこの方向を指向しており、経営層と製造現場をつなぐVertical Integration, 工場間をつなぐHorizontal Integration, 設計-製造-保守をつなぐEnd-to-End Digital Integrationの3つのIntegrationの実現をめざしている¹⁾。

一方、同図の右側、すなわち、使う側においてどうモノが使われているかといったデータを収集し活用することで、保守最適化や利用効率向上などを実現し、より賢くモノを使うことが可能になる。IICのメイ

ンターゲットはこの分野であり、例えば、ガスタービンや航空機エンジンにセンサーを取り付け、そのデータを解析することで稼働率や保守効率を向上させる。1%の効率向上でも大きな価値を創生できるとしている²⁾。

近年のインターネット経済の進展により、さまざまな仕組みやステークホルダーが情報を介してつながるようになった。タクシー配車サービスや宿泊施設紹介サービスなどの新たなビジネス形態が次々と生み出される、いわゆるオープンイノベーションの時代を迎えている。さらにこの上にIoTによって生成される現場ビッグデータ

(a) IoT

Internet of Thingsの略称。これまでネットワークに接続されていなかったさまざまなモノに通信機能を持たせ、インターネットに接続して情報を交換することにより、自動での認識や計測、相互制御などを可能にする技術。

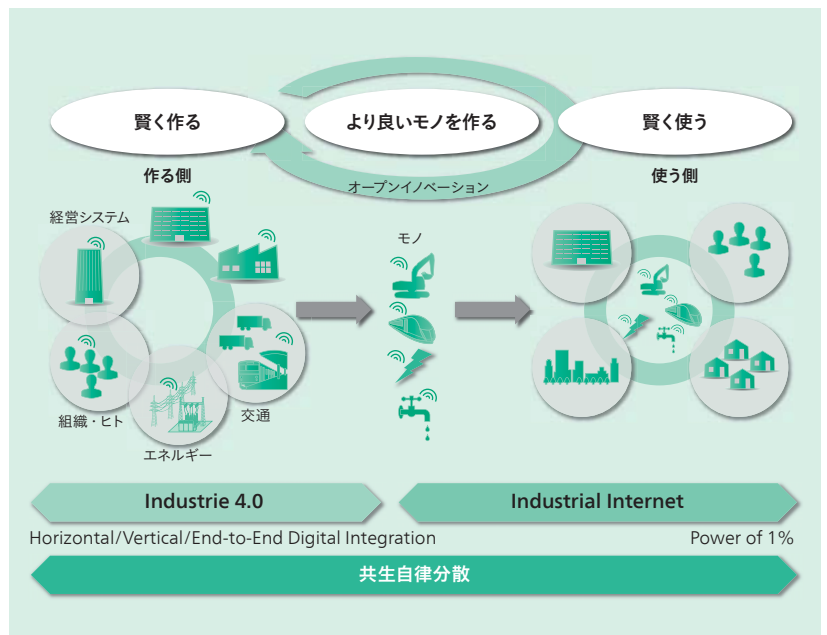


図1 | IoTの位置づけ

モノからの情報を活用することで「賢く作る」、「賢く使う」を実現し、さらにより良いモノの創生へつなげる。

※) ここで言うモノとは、製造業から生み出される製品だけではなく、社会インフラから生み出される電力や水なども含む。

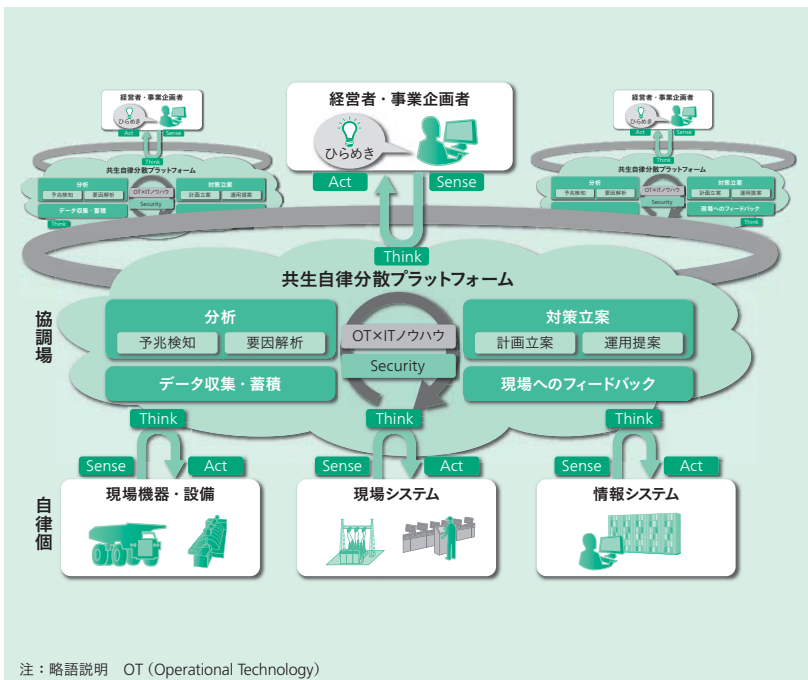


図2 共生自律分散コンセプト

さまざまな現場システムからのデータを収集・蓄積し、分析・対策立案を行い、現場へフィードバックすることで、経営視点での最適化を図るとともに、新たなバリューチェーンを創生する。

が業種を越えて循環することで、モノを取り巻く新たなバリューチェーンや産業構造が構築され、新たな成長を促すと期待されている³⁾。

日立はこれまでモノを生み出すためのシステム、すなわち、エネルギー、交通、上下水などの社会インフラ向け制御システムや、鉄鋼、自動車、医薬などの製造業向け制御システムの構築を手がけてきた。また、金融、公共、企業情報などの基幹情報システムの構築実績も多数ある。ここから得られる知見を活用し、異なるシステムや仕組みをつなぐことによって生み出される価値を、モノに関わるステークホルダー全体に提供し、新たな成長を促す「共生自律分散」コンセプトを提唱している。

本稿では、共生自律分散コンセプトの概要と、それを実現するための取り組みについて述べる。

共生自律分散コンセプト

日立の「自律分散」コンセプトは制御システムに端を発する。1970年代からの情報ネットワーク、マイコンなどの技術の進展に伴い、制御に必要な情報をコント

ローラや制御サーバなどの制御ノードが共有し、共有された情報を基に個々の制御ノードを自律的に動作させることで、信頼性および拡張性に優れた自律分散制御システムを開発し、交通、鉄鋼分野などへ適用している⁴⁾。

近年では、センシング、ネットワーク、ビッグデータ解析の進展により、現場機器からの情報を制御システム内のみで利用するだけでなく、経営層や関連するステークホルダーとも共有・活用し、オープンイノベーションを実現することが可能となってきた。すなわち、制御システムにおいては“Network” of Thingsであったものが、より広範に情報を共有できる“Internet” of Thingsに進化してきた。そこで日立は、前述した自律分散の概念をシステムレベルに拡張した、共生自律分散コンセプトを提唱している(図2参照)。

共生自律分散システムにおいては、各製造現場や他のステークホルダーの各種システムがそれぞれ「自律個」として振る舞う。各自律個は、それぞれの内部情報に基づいて自律的に動作するが、さらに各自律個を全体最適に運用するため、現場のさまざまな状況をセンシングし(Sense)、この情報を「協調場」で共有する。協調場においては、収集・蓄積した多様な情報を基に問題分析を行い、全体のKPI^(b)と各自律個のKPIが最適になるよう対策を立案する(Think)。さらに、立案された対策を各自律個にフィードバックすることで、対象となるKPIの達成を図る(Act)。

エネルギー、交通、上下水、製造などにおけるシステム構成および運用に関する知見(OT: Operational Technology)に加え、IoTによって得られるデータドリブンの知見を協調場に蓄積して活用することで、自律個内の知見のみでは得られない最適な運用が可能となる。また、協調場で生成・蓄積されるさまざまな知見を、異なる業種のステークホルダーと共有することで、新たなビジネスモデルを創生することができる。

(b) KPI

Key Performance Indicatorの略称。重要業績評価指標。業務プロセスの進捗度合いをモニタリングするために設定される各種の指標の中で、特に重要なものを指す。組織における目標の達成度を評価するうえで定量的な指標となる。

共生自律分散を実現する 情報制御プラットフォーム技術

共生自律分散コンセプトに基づくシステムを実現するには、次の4点が必要となる（図3参照）。

- (1) Senseを実現する高度センシング
- (2) Thinkを実現するためのさまざまなデータを収集・蓄積するビッグデータ処理基盤および分析・対策立案技術
- (3) Actを実現するための現場へのフィードバック手段
- (4) 協調場と自律個を保護するためのセキュリティ技術

それぞれに対する取り組みについて、以下に述べる。

(1) 高度センシング

高度センシングに関しては、制御システム内でのみ活用されてきたデータを情報システムへ送付するためのデータ収集手段が必要となる。そのため、自律分散システムにおけるデータ共有の枠組みを活用した通信ミドルウェアの開発を行っている。また、カメラの低コスト化と映像解析技術の進展により、現場の作業員や機器の緻密な状態センシングが可能となりつつあり、現場全体の動態把握手段の開発を進めている。

(2) ビッグデータ処理基盤、分析・対策立案

ビッグデータ処理基盤には、ビッグデータの3要素であるVolume（大量）、Variety（多様）、Velocity（高速）への対応が必要となる。特に共生自律分散の実現のためには、多種多様なシステムからのデータを取り扱うために、Varietyへの対応が重要となる。こういった分野ではOSS（Open Source Software）の進展がめざましく、日立はデータ統合・分析基盤Pentahoソフトウェアの活用を推進している。

分析や対策立案に向けては、膨大なデータを対象にした、人手では実現しえない新たな知見の発掘という観点から、人工知能へのニーズが高まっており、これに向けて日立はHitachi AI Technology/Hを開発している⁵⁾。この人工知能は、経営指標であるアウトカムと現場からの多様なデータを一括して入力し、データ間の膨大な関係性を解析し、アウトカムを最大化するのに影響力の高い要因を自動で抽出する。流通、プラント、コールセンターなど、さまざまな分野で効果を実証している。

(3) 現場へのフィードバック

現場へのフィードバックは、制御システムと現場作業員などが対象となる。前者に対しては、MES^(c)やDCS^(d)への反映が必要となる。また、後者に対しては今後さら

(c) MES

Manufacturing Execution Systemの略称。製造現場において、情報システムを活用し、生産計画に応じた製造を実行するシステム。生産資源の配分と監視、作業のスケジューリング、製造指示、仕様・文書管理、装置データ収集、作業管理、製品品質管理、プロセス管理、設備の保守・保全管理、製品の追跡と製品体系の管理、実績分析などを主な機能とする。

(d) DCS

Distributed Control Systemの略称。分散制御システム。生産プロセスなどの制御において、1つのコントローラで全体を集中的に制御するのではなく、システムを構成する各装置に制御機能を持たせ、それらが協調しながら統合的に制御を行う方式。

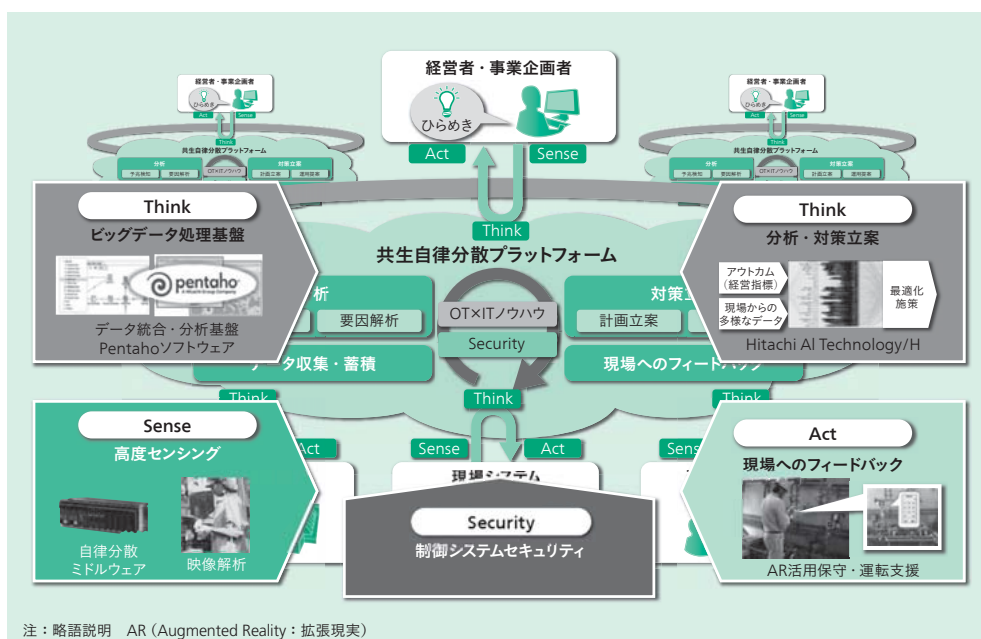


図3 | 共生自律分散プラットフォームを実現する技術

高度センシング、ビッグデータ処理基盤、分析・対策立案技術、現場フィードバック技術、セキュリティ技術が必要となる。

(e)AR

Augmented Realityの略称。現実の環境や事物に、コンピュータによってもたらされる情報を補足的に付け加えること。例えば、透過型の装置やカメラを通して見える現実の対象物に、文字や画像などの電子情報を重ね合わせて表示し、対象物に関する補足情報を提供する技術などが実用化されている。

に重要になってくると考えており、拡張現実 (AR^(e)) を用いた保守支援やウェアラブルデバイスの活用を進めている。

(4) セキュリティ

従来、制御システムはITシステムとは切り離されており、セキュリティ上の問題が比較的少ないと考えられてきた。しかし、IoTの利活用に向けては、外部からのサイバー攻撃などから制御システムを保護するための制御システムセキュリティ技術が重要となる。制御システムセキュリティには、外からの侵入を防御するセキュリティゲートウェイ、不正侵入やウイルス感染を検出する機構、不正侵入やウイルスから機器を守るセキュアコントローラなど、多段階の防御が必要であり、それぞれの技術・製品開発を進めている。

共生自律分散の実現に向けた日立の取り組み

上述した共生自律分散の実現をめざし、社会インフラ分野、製造分野への適用に向けた取り組みと、基盤技術の開発を行っている。本特集では、それぞれの取り組みを紹介している。

社会インフラ分野への適用

(1) 新幹線総合システム

東日本旅客鉄道株式会社の新幹線総合システムCOSMOS (Computerized Safety Maintenance and Operation Systems of Shinkansen) においては、従来、自律分散制御システムを取り入れてきたが、この特徴を生かし、新幹線路線延伸 (北陸新幹線金沢延伸、北海道新幹線新函館北斗開業) に向けたシステム開発を行っている。延伸にあたっては、他の鉄道会社区間への乗り入れ対応や新規開発システムとの連携を図っている (本誌p.22参照)。

(2) 上下水道設備エネルギー管理

上下水道設備はエネルギーの大口ユーザーであり、エネルギーコストの削減やピークシフト/ピークカットなどが求められる。水運用計画の高度化を図り、上水システムとエネルギーシステムを連携させる

デマンドレスポンスや、下水道制御における処理水質とエネルギー消費の最適化に取り組んでいる (本誌p.28参照)。

(3) エネルギーシステム

これからのエネルギーインフラには、再生可能エネルギーの新たな導入、経年設備の更新、スキルが不十分な新興国への普及、安全・安定供給と経済面・環境面の両立などが求められる。それらの達成には、関与するステークホルダー (電気事業者、保守事業者、メーカー、需要家など) が個々に最適解を追求するだけでなく、全体として最適になるように協調することが鍵となる。ICT (Information and Communication Technology) やIoTの活用により、実世界のデータを収集してサイバー空間でバリューチェーンを再現し、運用高度化やナレッジの抽出・活用の方策を示すことで、各ステークホルダーの自律性を損なわず、むだ (=エネルギーロス) を最小化するシステムの開発に取り組んでいる (本誌p.18参照)。

製造分野への適用

(1) 次世代グローバル製造管理

組立加工分野の製造現場にカメラを設置し、製造装置や作業員などの製造現場の映像を蓄積・解析して製造実行管理システムと連携することで、不良発生時の影響範囲の特定を容易化するとともに、製造手順へのフィードバックなどを行い、メガリコールの抑止を図っている。さらに、グローバルに展開している製造現場の情報を統合・解析することで、不良発生時の原因分析や改善施策提案を行い、グローバルでの製品品質向上に取り組んでいる (本誌p.37参照)。

(2) 鉄鋼制御システム

鉄鋼板や線材を製造するための制御システムは、頻繁に増設・改造が行われるため、拡張性に優れた自律分散システムをいち早く適用してきた。さらに、ICTを活用したデータ収集・解析を行い、制御系ヘリアルタイムにフィードバックする制御高度化を図っている。具体的には板厚制御に適用しており、さらに情報活用の範囲を広げてい

く予定である（本誌p.33参照）。

(3) 多品種少量生産向けIoT活用生産システム

日立製作所大みか事業所では、これまで設計・製造の生産改革に取り組んできたが、個々の取り組みが断片的であり、個別最適化の域を出ないものであった。今後ますます多様化する顧客個別仕様に対応しつつ、経営的視点での全体最適化を図るため、IoTを応用した次世代生産システムの構築を図っている（本誌p.45参照）。

基盤技術の開発

(1) ビジョンセンシングシステム

物理セキュリティの観点から採用が増加している映像監視システムを、経営課題解決に向けた現場センシングシステムとして活用することに取り組んでいる。これに向けて、映像をリアルタイムに解析し、意味を持った情報に変換する映像解析技術の開発を進めている（本誌p.41参照）。

(2) 社会インフラセキュリティ

情報制御システムへのサイバー攻撃のリスクは年々高まる一方であり、IoT活用による脆（ぜい）弱性拡大が懸念されている。日立は、システム全体の持続性、拡張性に

着目したセキュリティコンセプト「H-ARC」を提唱しており、これに基づいたセキュリティソリューションの提供を行っている（本誌p.49参照）。

(3) 情報制御プラットフォーム

共生自律分散を実現するためには、現場システムからのデータをオープンに、かつ、セキュアに収集する新たな仕組みが必要となる。これに対応するためのネットワーク、データ収集ミドルウェア、制御セキュリティ製品群の開発を行っている（本誌p.53参照）。

多分野展開とオープンイノベーションへ

IoT利活用に向けた共生自律分散コンセプト、プラットフォーム技術、および、実現に向けた取り組みについて概説した。

日立は、このコンセプトと技術を、今後、エネルギー、交通、都市、製造業などさまざまな分野へ展開していく。さらに、オープンイノベーションによって異業種をまたがるバリューチェーンを構築し、この中で多様な知見を共有することで新たな成長につなげていく所存である。

参考文献

- 1) H. Kagermann, et al.: Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0 (2013.4)
- 2) P. C. Evans, et al.: Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines (2012.11)
- 3) M. Porter, et al: How Smart, Connected Products Are Transforming Competition, Harvard Business Review (2014.11)
- 4) 井原, 外: 自律分散制御の交通システムへの応用, 日立評論, 63, 11, 779~784 (1981.11)
- 5) 矢野: データの見える手一ウエアラブルセンサが明かす人間・組織・社会の法則, 草思社 (2014.7)

執筆者紹介



入江 直彦

日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所 経営戦略本部 所属
現在, 共生自律分散コンセプトに基づく事業開発およびプラットフォーム開発に従事
博士(工学)
情報処理学会会員



小野寺 剛

日立製作所 情報・通信システム社 経営戦略統括本部 事業戦略本部 所属
現在, 共生自律分散コンセプトに基づく事業戦略策定に従事



大橋 章宏

日立製作所 インフラシステム社 大みか事業所
制御プラットフォーム開発本部 所属
現在, 共生自律分散プラットフォームおよび情報制御プラットフォーム開発の取りまとめに従事
情報処理学会会員



加藤 博光

日立製作所 研究開発グループ システムイノベーションセンター
インフラシステム研究部所属
現在, 共生自律分散を実現するシステム技術の研究開発に従事
博士(工学)
IEEE会員