

産業用スマートシステムデザインの研究

研究代表者 天野 嘉春
(基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科 教授)

1. 研究課題

産業用システムのスマート化はデジタル・トランスフォーメーション（DX）の進展にともない、必要不可欠な目標と認識されている。人工知能等を積極的に活用するなどした製造システムの自動化技術を軸に、デバイスのインテリジェント化から、製造システムのスマート化へと進化するため、製造システムにおけるマネジメントシステムの基本要件を、計装系の側面から再定義することが産業界から求められている状況である。このような状況を受け、本研究プロジェクトでは、製造時におけるエネルギー・資源の有効利用や、様々な機能目的に対応したマネジメントシステムの全体最適化を自動化する仕組みを、複数のマネジメントシステム間の通信で実現される事業体全体の最適化に必要な基本機能として再定義することで新たなシステム設計論の展開を図ることを目的に研究を実施している。同時に、特に製造システムにおけるエネルギー・マネジメントの国際標準規格への展開を進めつつ、同時に、製造システムの IIoT（Industrial Internet of Things）化に不可欠な、フィールドデバイス用デジタル通信規格の最新技術を基盤に、AI などを積極的に利用するインテリジェント化に対する種々のユースケースの分析をシステム設計の視点から実施している。スマート製造の本質的な基本機能を抽象し、事業体全体の全体最適化を図るシステムの自動化をシステムの設計論を開発している。

2. 主な研究成果

(ア) 技術セミナー

本プロジェクト研究は、対外呼称として「IONL(Industrial Open-Network Laboratory)産業用オープンネットワーク・ラボラトリ」として継続的に技術セミナーを第3種行事として開催してきた。2023年度も、年間を通じて協力団体（FCG セクション, IO-Link セクション, および FDT セクション）の協力のもと、計装技術者を中心に、産業用の制御システムのフィールド機器のデジタル通信規格の基本から講義と、ハンズオン用の実機デモ設備を用いた各種デバイス、ホストの相互運用性を含めた動作確認体験からなる技術セミナーを実施した。

表1 2023年度 技術セミナー（第3種行事）

主体セクション	開催日時・セミナー種類	受講者人数
日本フィールドコムグループ	2023/6/5-6・HART:導入・実践コース	4名
	2023/8/4・計装初心者のための入門講座(オンライン)	24名

	2023/12/4-5・HART:導入・実践コース	9名
IO-Link コミュニティ・ジャパン	2023/4/14 体験セミナー・技術セミナー	11名
	2023/6/9 体験セミナー・技術セミナー	7名
	2023/9/8 体験セミナー・技術セミナー	6名
	2023/10/27 体験セミナー・技術セミナー	8名
	2023/12/15 体験セミナー・技術セミナー	5名
	2024/2/9 体験セミナー・技術セミナー	1名
FDT グループ日本支部	2023/11/21 体験セミナー	12名
	2023/11/22 技術セミナー	7名

(イ) ユーザセミナー

産業用のオープンネットワークは、フィールド機器から上位のマネジメント機能を担う、ISSA-95 モデルの Level 3 相当までが 産業用 Ethernet ベースの物理接続が標準的な技術となりつつある。プロセス産業用特有の防爆対応だけではなく、オペレーションデータを様々な分析機能を利用することで、アセットマネジメントに有用な情報を抽出するような、データ価値の創出が可能になりつつある。本シンポジウムは、毎年度末のこの時期に、産業用のデジタル通信規格を用いた現場の運用データすなわちフィールドデータの利活用を中心に、ユーザ事例を交えて討論する場として設定している。今回のテーマは、「オペレーションデータ連携を活用したスマート製造の事例紹介と考察」とした。Digital Twin 技術についての紹介が 1 件と、ユーザ事例が 2 件報告された。株式会社オメガシミュレーション菅家正幹氏からは、Digital Twin を実現する「ミラープラント」技術と、その適用事例を紹介された。IO-Link 技術を使った事例紹介としては、日本車輛製造株式会社 機電本部開発技術部 制御グループの佐藤友治氏から事例紹介があった。大型くい打ち機のセンサー等とコントローラとの接続を標準化されたデジタル通信規格（IO-Link）デバイスを利用することで、特注品の開発の手間とコストを削減し、システム拡張性も大きく広がった事が報告された。ダイキン工業株式会社 鹿島製作所の吉田真澄氏からは、従来の DCS プロセス変数に加えて、HART 変数と AI を組み合わせることでモデル精度を向上させた異常予兆検知事例が紹介された。これらの事例紹介を踏まえて、パネル討論では、オペレーションデータ連携を活用したスマート化のこれまでの状況から、工場内、装置におけるデータ連携基盤の充実もあり、現実的に有効な事例が生まれ始めていることが認識された。

(ウ) その他の研究活動

1) 国際標準化活動

天野他が参加する国際規格活動を継続実施した。IEC TC65/JWG14 で実施している生産製造システムのエネルギー管理システムの実装に関わる国際規格は、2023 年 8 月に IS（国際標準規格）発行を達成した。また、これらの活動を実施した組織は、第 15 回 JEITA 会長賞を受賞した。

受賞者： 情報・産業システム部会／制御・エネルギー管理専門委員会／WG1：連携制御

テーマ：「JEITA における ASEAN 諸国（産官学）への低炭素技術（RENKEI Control）の普及と人材育成」

<https://www.jeita.or.jp/japanese/pickup/category/2023/0622-02.html>

2) 内閣府第 3 期 SIP 事業採択と協力体制の構築

第3期SIP事業「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」のサブ課題C3の研究開発責任者として「産業用スマートエネルギーマネジメント連携システムの開発と実装」が採択された。本事業は、本学スマート社会技術融合研究機構の動力エネルギーシステム研究所での研究開発として実施し、機構内・機構間の関連テーマと連携しながら進めているが、本プロジェクト研究が対象とする制御システムのデジタル通信システムと密接な関係があることから、協力して研究開発を実施する体制を整えている。

3. 共同研究者

森岡義嗣（理工総研 招聘研究員）、竹下恵介（理工総研 嘱託研究員）その他、嘱託研究員（FCG:7名、IO-Link:12名、FDT:10名）

4. 研究業績

4.1 学術論文

- (1) 伊藤、小川、竹内、茅野、藤島、奥野、武中、松崎、守屋、Jason、堀越、境野、天野、
Preparation Study of Device Data Application Phase2 on Trusted Data Platform
Gaia-X for Decarbonization in Industry, SICE Annual Conference 2023, pp262-265

4.2 総説・著書

- (2) 伊藤、茅野、堀越、「脱炭素社会に向けたMES 領域 KPI とデータガバナンスの検討～データ連携基盤におけるFDT UE とEdgecross ～、計装7月号、Vol.66 No.7, 2023/6/10, pp17-25
- (3) 伊藤、小川「IT と OT を繋ぐ DX を実現する「FDT UE を活用した脱炭素ソリューション」、計装11月号、Vol.66 No.11, 2023/11/10, pp9-14

4.3 受賞・表彰

- (1) 第15回JEITA会長賞、JEITA制御・エネルギー管理専門委員会（WG1：連携制御）「JEITAにおけるASEAN諸国（産官学）への低炭素技術（RENKEI Control）の普及と人材育成」
<https://www.jeita.or.jp/japanese/pickup/category/2023/0622-02.html>

4.4 学会および社会的活動

口頭発表

- (1) 伊藤、他、Special Panel Session: International Symposium on Safety and Secure Control System for realizing Smart Manufacturing SICE Annual Conference Mie, 2023
- (2) 堀越、伊藤、竹内、茅野、天野、OT領域のデータガバナンス検討～トラストなデータ基盤の活用に向けて、計測自動制御学会2023年度産業応用部門大会, 2023/11/16, pp9-12
- (3) 伊藤、小川、天野、脱炭素社会に向けたトラストなデータ流通基盤上でのデバイスデータ利活用実証フェーズ2事前スタディ SICE Annual Conference 2023、1M4-1、広島大学東広島キャンパス、2024/3/18

定例の技術セミナーは、表1を参照されたい。その他、スマート社会技術融合研究機構の第4回カーボンニュートラル社会研究会をIONLとの共催企画として実施した。

（動力エネルギーシステム研究所 特別企画）

◆日時：2023年12月20日（水） 13:00～14:30

◆開催：対面+オンラインのハイブリッド開催>

- ◆場所：早稲田大学喜久井町キャンパス第二研究棟 2 階ゼミ室(41-5-201)
- ◆講師：大寶 茂樹 様 (三井化学株式会社)
- ◆講演テーマ：「CN 社会へ向けた P S E 技術の活用～工場用役最適化システムによる CO2 排出量最小化の実現～」

そのほかの研究代表者のおもな社会的活動は以下の通り。

1. エヌエフ基金 研究開発奨励賞 選考委員会委員 (2017-)
2. 日本機械学会 発電設備規格 火力専門委員
3. 日本機械学会 動力エネルギーシステム部門 カーボンニュートラルに向けたエネルギー貯蔵技術研究会委員 (2021. 11. 29-2024. 3. 31)
4. NEDO 技術委員, ピアレビューなど
5. 一般社団法人 電子情報技術産業協会 制御・エネルギー管理専門委員会および WG1 連携制御 アドバイザー
6. 温室効果ガス審査協会 令和 5 年度二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金 (工場・事業場における先導的な脱炭素化取り組み推進事業のうち設備更新事業) 審査委員会委員 (2023/7/1-2024/3/31)
7. JAXA 宇宙工学委員会 工学班員
8. 国際会議 ICOPE-2023 Scientific Committee Chair, Steering Committee member
9. 国際会議 ECOS 2023 International Scientific Committee member
10. 国際学術組織 ECOS International Incorporation, Executive council
11. 国際規格 IEC TC65-JWG14, JWG17 international expert, および国内委員
12. Editor-in-Chief: MEJ, Special Issue ICOPE-2023 and ICONE30

5. 研究活動の課題と展望

産業用のオープンネットワークを利用したデジタルトランスフォーメーションは、末端の制御およびセンサ系に関わるフィールドから徐々に上位の制御・管理系へと浸透し、IT 技術との融合が模索されている。今後も、フィールドデバイスの通信技術から、OT/IT の境界領域に跨ぐ産業システム全体のデジタル化の基盤技術開発へとつなげていきたい。産業用システムにおける自動化技術の進展において、デジタル通信を基盤とした自動化技術は、社会システムにとって不可欠な技術となっている。2023 年度には前年度に引き続き、学内他箇所 (ACROSS) でのセミナー合同開催や、日本の産業用自動化システムにおける国際規格提案を実施した。IEC 63376 FEMS は IS (国際標準) として日本提案が正式に発行した。また、内閣府の第 3 期 SIP 事業のうち「スマートエネルギーマネジメントシステムの構築」のサブ課題 C のひとつ「産業用スマートエネルギーマネジメント連携システムの開発と実装」として採択された。本 PJ 研究で取り扱う制御システムのデジタル通信も包含するテーマであり、本プロジェクトの研究員も協力して SIP 事業での研究開発を進めている。