

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。このためには人工知能等を積極的に活用するなど、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の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、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。

2024 年度も、現役の計装エンジニアを主たる対象とした、製造現場、すなわちフィールドデバイスからの情報をデジタル双方向通信による生産制御システム技術の基本から、最新動向までを解説する技術セミナーを開催した。そして、年度末にはユーザセミナーを実施して、ユーザ事例の共有と、技術開発の方向性について議論した。

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。2024 年度は、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 2024 年度 技術セミナ（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	2024/6/3-4・HART:導入・実践コース	7 名
	2024/7/18・計装初心者のための入門講座(オンライン)	13 名
	2024/9/2-3・Foundation フィールドバス: サポートスペシャリストコース	5 名
	2024/9/10-13・Developer Training in Japan	5 名
IO-Link コミュニティジャパン	2024/4/19・IO-Link 体験セミナー	7 名
	2024/6/14・IO-Link 体験セミナー	3 名
	2024/9/27・IO-Link 体験セミナー	4 名
	2024/11/1・IO-Link 体験セミナー	4 名
	2024/12/13・IO-Link 体験セミナー	4 名
旧 FDT グループ日本支部	2023/11/19 体験セミナ	7 名

この他、学外での技術紹介として、以下のセミナー、展示会および技術交流会を実施した。

- 日本フィールドコムグループプライベートセミナー&展示会（日本フィールドコムグループ技術紹介）2025 年 1 月 21 日（月） 茨城県鹿嶋市 聴講者 22 名
- IONL 周南技術交流会，2024 年 12 月 5 日（木） 山口県周南市 参加者 15 名
- 神奈川県立産業技術総合研究所主催教育講座 生産システムとデータ連携コース「FDT 技術のコンセプトと活用事例」講演，2025 年 3 月 19 日（水） 神奈川県川崎市 参加者 10 名

なお，2024 年 6 月に FDT Group が保有する全てのアセットは、FieldComm Group へ移管された。

（イ）ユーザセミナ

産業用オープンネットワークラボは，産業用オープンネットワーク技術団体と共同して、フィールド情報通信に関する技術の教育・研究活動を継続してきた。産業用のフィールド情報に係わるセクションが合同して、最新の技術開発状況を解説するとともに、ユーザ事例などを毎年度末に討議するユーザセミナを実施している。2024 年度は、「加速する製造現場の DX 化とエネルギー監視～成果と課題～」と題して 2 件のユーザー事例の講演を実施した。9 社によるフィールド情報機器の展示を情報ギャラリーで同時開催した。ユーザ事例として，三菱ケミカル株式会社の福田氏が「工場 DX における製造現場（計装設備）の課題～これまでの施策と今後の展望」と題して講演された。DX ロードマップにおける Step 0（2020）（属人的な操業）から Step 1（2023）（つながる操業），そして，Step 2（2025）考える工場に向けた 3 つのアクション：1)デジタルツインを使った高度シミュレーション技術，2) 様々な異常予知技術，3) AI 画像処理技術を実施して来た成果を紹介され，今後の，2030 に Step 3（自律した工場）を目指したアクションが提示された。今後は，Digital Eco System を廻し「業務効率化」とプラント操業における「オペレーションと設備管理の最適化」を成熟させていく方向性が示された。オムロン株式会社の滝口氏は，「脱炭素に向けた工場のエネルギー生産性向上の取組み成果・課題」と題して，本学と共同で研究開発を進める第 3 期 SIP スマートエネルギーマネジメントシステムの構築 に至る取り組みから，最新の半導体などの組み立て工場（FA 主力工場）を例にした省エネの取組みの歴史と事例を解説された。省エネの取組みに加えて創エネ（再生可能エネルギー導入）の取組みが，自社努力領域として，脱炭素経営のリスクを短時間に，的確に把握，最適化するためのシステム作りの考え方について説明

された。カーボンニュートラル投資のキャッシュアウトを投資原資とすることで、生産性向上とエネルギー効率最大化を実現するあめの狙いと効果が可視化され、クレジットや CO2 フリー電力への転換契約だけに陥りがちな状況を打破する明確な指針を提示された。フィールドのオペレーション情報を製造現場の DX における成果と課題についての議論を通じて、将来のスマート製造への展望を討議する機会となった。

(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。

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」が採択されている。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）この他、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

4.2 総説・著書

- (1) 津金, 「ACHEMA 2024」～ Ethernet-APL 展示見学 Photo Report」計装 2024 年 9 月号
- (2) 高橋, 「Ethernet-APL の最新動向」, 計装 2024 年 10 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

4.4 学会および社会的活動

口頭発表

- (1) 伊藤, 他, SICE 2024 Special Panel Session: OT Cybersecurity - Standards and Regulations Status, SICE Annual Conference Kochi, 2024

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. NEDO 技術委員, ピアレビューなど

3. 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
4. 温室効果ガス審査協会 令和 6 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）
5. JAXA 宇宙工学委員会 工学班員
6. 国際会議 ICOPE-2024 Scientific Committee Chair, Steering Committee member
7. 国際学術組織 ECOS International Incorporation, Executive council
8. 国際規格 IEC TC65-JWG14, JWG17 international expert, および国内委員

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。2024 年度には前年度に引き続き、技術セミナー活動の他、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。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」と協働し、産業用システムのスマート化に関わる階層的な情報システムのあり方について、議論を進めている。SIP の直接の成果は、<https://www.jst.go.jp/sip/sems/result.html> を参照いただきたい。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く。