

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的设计論を開発している。2025 年度から 3 セクション体制から、IO-Link コミュニティジャパンが離れ、FDT グループが FieldComm Group に吸収されたため日本フィールドコムグループ (FCG-J) の 1 セクション体制として活動した。

2025 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生産制御システム技術として構築するためのデジタル双方向通信の基本から、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パネルディスカッションにおいて議論した。

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。2025 年度は、年間を通じて協力団体 (FCG セクション) とともに 5 回の技術セミナー開催した。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 2025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	2025/6/2-3・HART:導入・実践コース	4名
	2025/7/30・計装初心者のための入門講座(オンライン)	31名
	2025/9/8-9・Foundation フィールドバス:サポートスペシャリストコース	3名
	2025/12/1-2・HART:導入・実践コース	3名
	2025/12/16・フィールドデバイスインテグレーション(オンライン)	8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。

●神奈川県立産業技術総合研究所主催教育講座 PLC とデータ連携「サイバーフィジカル生産システムにおけるデータの取得と活用」講演、2026年2月27日（金）神奈川県川崎市
参加者 18名

(イ) ユーザセミナー

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ーを実施している。

2025年度は、「見える化から始まる効率的プラント運用～プラント・機器の状態把握からノウハウ継承まで～」と題して実施した。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。最初の講演は「通信技術を活用したプラント、機器の状態把握」と題して、フィールドコムグループ（FCGJ）の工藤氏が、ユーザへのアンケート結果を基点として、既存の産業用通信技術である HART および FOUNDATION Fieldbus（FF）の機能を最大限に活用することで、設備の状態把握や運転最適化にどのように寄与できるのか具体的に解説した。次に、日本 OPC 協議会の遠藤氏から、OPC UA の基礎としての相互運用性・情報モデル・セキュリティといった特徴の解説の後、様々な業界標準の情報モデルがコンパニオン仕様として活発に開発されている状況について説明があった。その後、FCGJ の竹内氏から、「プラントの効率化に向けた統合エンジニアリング」と題して、フィールドバス等の通信を統合する技術として国際標準化が進む FDI（Field Device Integration）、FDT（Field Device Tool）、PA-DIM（Process Automation Device Information Model）を取り上げ、最新動向の紹介があった。情報ギャラリーでのマイクロフェア見学の後、FCGJ の遠藤氏から、Ethernet-APL がもたらすスマートフィールド危機の実現とそのメリットについての解説が行われた。最後の講演では、FCGJ の梅原氏、遠藤氏から、欧米ユーザ団体がもたらすプラント変革事例として、欧州化学工業の NAMUR そして、北米の O-PAF についての動向が報告された。

休憩を挟んで、最後には、パネルディスカッションが行われた。早稲田大学の天野のモデレーションのもと、FCGJ から遠藤氏、竹内氏、工藤氏が、そして、日本 OPC 協議会から戸井永氏がパネラーとして参加し、「見える化から始まる効率的プラント運用～プラン

ト・機器の状態把握からノウハウ継承まで〜」についてディスカッションを行った。プラントのプロセスの状態と、それを支える設備機器の状態を、既存のフィールドデバイスで把握する上でのデータ連携の現状に加え、近年新しく加えられてきている画像、振動などの設備全体を対象として捉える計測機器などのデータとの連携、そして AI による処理の自動化などの活動は、プラントを適切に「記述」することにつながり、ノウハウ継承にもつながることが指摘された。

フィールドのオペレーション情報に関連した製造現場の DX につなが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と参加者からは好評であった。

(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 IEC 国際規格活動を継続実施した。

2) 内閣府第 3 期 SIP 事業と協力体制の構築

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

4. 研究業績

4.1 学術論文

4.2 総説・著書

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 2025 Special Panel Session: OT Cybersecurity - Current Status of Thailand and Japan, SICE Annual Conference Chiang Mai, 2025

(2) 伊藤, 他, SICE 2025 Special Panel Session: Prospects of Thailand and Japan in International Standardization in the Industrial Sector, SICE Annual Conference Chiang Mai, 2025

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（2023/7/1-2026/3/31）
5. JAXA 宇宙工学委員会 工学班員
6. 国際学術組織 ECOS International Incorporation, Executive Council
7. 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。

2025 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。