

スマートプラントの制御・管理に関する研究

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

プロセス工業界ではプラントのスマート化のため、各種センサー、アクチュエータなどで構成するフィールドにおける制御系には従来、4~20mA 電流信号に代表されるアナログ信号を用いてきた。これがデジタル信号へと代替が進んでおり、プラントのデジタルトランスフォーメーションとして目標とされるようなプラントのスマート化へと大きく寄与することが期待されている。

また、Industrial Internet of Things(IIoT)という概念が喧伝され、フィールドに設置した計測制御用デバイスから送信される情報以外に、各種センサー信号をインターネットに接続することにより、プラント外からも各種情報を利用できるような状況が整いつつある。プラントからの制御信号以外の様々な情報を統合して保存し、AI(Artificial Intelligence)を利用した上位解析・判断システムによる新たなシステムマネジメントに関わる具体的なアプリケーションのあり方、可能性が活発に議論されている。

一方で、スマートグリッドによる電力網の改革では、末端の需要家に太陽電池などの分散電源の導入が急速に進展している。このため系統側から需給情報をプロシューマーとしての需要家にフィードバックすることによる需給バランス調整機能や系統安定化のための協調制御技術への、需要側の積極的で確度の高い関与の仕組みを明らかにすることが期待されている。たとえば家庭内のエネルギー機器の協調制御のための具体的な枠組みは HEMS を中核としたマネジメントシステムの実装要件として、研究代表者等は別途研究を進めている。

以上の状況のもと、IONL(Industrial Open-Network Lab)として計装で利用される各種デジタル通信規格の開発、教育活動を継続し、スマートグリッドおよびファクトリーオートメーション分野での実装技術などと並列的に比較し、プロセスオートネーション用プラントのスマート化に欠かせないマネジメントシステムに適用する技術要件を明らかにすることを本プロジェクトの目的としている。具体的にはエネルギー制御系を含むプラントのエネルギーマネジメント機能を再定義し、複雑なエネルギーシステムのマネジメントシステムに適したCPS(Cyber Physical System)を提案することを目的とする。

2. 主な研究成果

2020年度は、COVID-19の蔓延に起因して、対面、現場での活動が大きく制限される中、毎年継続してきた技術セミナーは、年度半ばからの、オンライン中心のセミナーとして実施した。

またキーとなるデバイスとしての流量計のインテリジェント化に関わる開発を継続的に実施した。その結果、2018年度から計測範囲を拡大して、データを収集して分析したところ、流体の状態量を計測された RAW データの解析により、流量信号に加えて、流体の流動状態に起因する情報が取り出されることを確認した。この結果は、引き続き2020年度にも継続した。詳細な構造と2相流体との力学的な干渉が引き起こす流動状態から、信号出力過程へのメカニズムを明らかにすべく、新たな実験装置を構築し、実験データを収集した。同時に、CFD解析モデルの改良に着手した。最終的に流れの様相を推測する機能を付帯した計測器の実現へと開発を続けることとなった。

この他に、プロセスオートメーションに利用されるデジタル通信規格のうちFCGすなわちフィールドコムグループ（HART, Foundation Fieldbus）によるFCGセクションに加え、ファクトリーオートメーションで多く使用されているIO-Linkセクション、そして、ミドルウェア層に対応するFDT技術の開発、普及をはかるFDTグループ日本支部によるFDTセクションの体制で技術セミナーなどを開催した。それぞれのセクション毎に企画する技術セミナー、体験セミナーは、IONLによる理工総研第3種行事として実施した。

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とIONLとの共催セミナーとして、「ACROSS 第24回 ハイレベルセミナー:「生産(製造)システムのDigital Transformationにおける課題と将来展望」を2020年12月22日にオンライン開催した。

講演テーマ・講師：

- 1) 「化学産業における技術戦略とデジタル変革」
元名古屋工業大学 教授 伊藤 利昭様
- 2) 「FA産業におけるMES領域のDX対応のための新たな試み
～スマート製造をKPIで戦略的に実践するための成熟度指標SMKLについて～」
三菱電機株式会社 藤島 光城様

古くから自動化を積極的に推し進めてきたプロセス・オートメーション（PA）産業とファクトリー・オートメーション（FA）産業でのこれまでの取り組みを振り返ることで、次世代生産システムへの課題を整理し、将来展望を探った。上記の講師を迎えてセミナーを開催した。伊藤利昭氏からは、PA産業における技術戦略の国内外の取り組みの歴史を紐解き、次世代生産（製造）システムの課題を解説していただき、将来展望を伺った。FDTセクションの囑託でもある藤島光城氏には、FA産業における産業用IoTの国際標準化状況と国内提案の概要について解説していただいた。具体的には、スマート製造におけるKPIとしての「成熟度」の必要性、及び考え方についてISO/TC184へ提案中の案件から紹介いただいた。特に、スマート製造をISO22400のKPIを中心に、戦略的に実践するためのSMKL（Smart Manufacturing Kaizen Level）について考え方及び事例が説明された。製造業以外の分野の参加者からも、SMKLの基本的なコンセプトがよく理解でき、社内での合意形成に向けたツールとしての有効が高いと、大いに評価された。参加者数は78名であった。

FCG, IO-Link, FDT技術それぞれが一同に会して、例年実施しているユーザセミナーを理工総研第2種行事として実施した。2020年度はオンライン開催としてZOOM Webinar形式で実施した。

このほかに、IONLからIEC TC65/JWG14で、生産製造システムのエネルギーマネジメントシステムの実装に関わる国際規格への提案活動も継続し、順調にNP提案が受け入れられ、規格発行にむけた活動へと継続することとなった。

3. 共同研究者

森岡義嗣 (理工総研 招聘研究員), 吉田 彬 (スマート社会技術融合研究機構次席研究員)
この他嘱託 (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) 伊藤, 竹内, 小川, 「FDT3.0 標準「FITS」のリリースとその進展方向, 計装 12月号, Vol. 63 No. 12, 2020/12/1

4.3 招待講演

4.4 受賞・表彰

4.5 学会および社会的活動

(1) IIFES オープンネットワークゾーンセミナー「産業用ネットワークの新しい技術」

2019. 11. 27, 29 参加者: 約 80 名/日 (2 日間で約 160 名)

(2) フィールド通信技術セミナー「HART: 導入・実践コース」, オンライン, 2019. 6. 3-4 参加者名 10 名

(3) フィールド通信技術セミナー「フィールドバスサポートスペシャリスト」, オンライン, 2019. 9. 2-3 参加者名 2 名

(4) IO-Link 体験セミナー 9/16, 2/19 早大 参加者 4 名

(5) IO-Link 技術セミナー 9/16, 2/19 早大 参加者 2 名

(6) SICE Annual Conference 2020 (2020/9/24-25, オンライン開催)

以下 2 講演(①, ②)とパネルセッション(③)を実施。

①Thomas Hadlich, 竹内, 伊藤, 他 Leveraging IT technology into FDT3 specification realizes FITS architecture, SICE Annual Conference 2020, 9/24, pp19-24

②藤島, 伊藤, 竹内, 他, A new methodology for providing insight into manufacturing using KPIs based on SMKL (Smart Manufacturing Kaizen Level), utilizing industry standards (OPC UA, FDT, PLCopen and AutomationML), SICE Annual Conference 2020, 9/24, pp1-6

③伊藤, 他, Special Panel Session: International Symposium on Safety and Secure Control System, 2020/9/25

(7)FDT 体験セミナー 1, 2020/11/11, オンライン, 早大, 参加者 35 名, 理工総研第 3 種行事として実施

(8)FDT 技術セミナー, 2020/11/12, オンライン, 早大, 参加者 19 名, 理工総研第 3 種行事として実施

(9)FDT 体験セミナー 2, 2020/12/2, オンライン, 早大, 参加者 15 名, 理工総研第 3 種行事として実施

(10) 伊藤, 他, 防疫・感染防止に関するエンドユーザの課題, 計測自動制御学会 2020 年度産業応用部門大会, 2020/11/5(オンライン開催), pp31-34

(11) 藤島, FA 産業における MES 領域の DX 対応のための新たな試み～スマート製造を KPI で戦略的に実践するための成熟度指標 SMKL について～, 早稲田大学スマート社会技術融合研究機構 (ACROSS)

第24回ハイレベルセミナー（動力エネルギーシステム研究所 特別講演）生産（製造）システムの Digital Transformation における課題と将来展望，オンライン，（2020/12/22）

(12) 伊藤，竹内，エンドユーザ要求をベースにしたアセット管理技術の IIoT 対応，SICE MSCS2021, 1H1-2, 2021/3/2(オンライン開催)，

(13) IONL ユーザセミナー, 2020/3/12, 一般講演（FDT の技術紹介）を実施し，基調講演 2 件（IIoT 業界からみた FDT 活用に対する期待, ユーザ視点での FDT 技術に対する期待）をオーガナイズした。

そのほか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 任期：2020/6/1-2021/3/31
2. 日本機械学会 発電設備規格 火力専門委員
3. NEDO 技術委員，ピアレビュー，2020 年度 第 2 回「新エネルギー等のシーズ発掘・事業化に向けた技術研究開発事業」など審査委員
4. JEMIMA 令和 2 年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業委託費（省エネルギー等国際標準開発（国際電気標準分野）”（募省 3 工場・プラントのエネルギーマネジメントシステム（FEMS）に関する国際標準化）委員長
5. JAXA 宇宙工学委員会 工学班員
6. 国際会議 ORC 2020 INTERNATIONAL CONFERENCE Scientific Committee member
7. 国際会議 ECOS 2020 Chair of the Conference, International conference Scientific Committee member
8. 学会 ECOS board member, International conference Scientific Committee member
11. ジャーナルエディタ Renewable Energy , Managing Guest Editor for VSI: ECOS_2020
12. ジャーナルエディタ Energy , Guest Editor for VSI: ECOS_2020
13. 国際会議 ICOPE 2021 実行委員
14. 国際規格 IEC TC65-JWG14, JWG17 international expert, および国内委員
15. その他 ドローン安全推進協議会委員長など

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。DFT セクションが活動を開始したことにより，プロセス制御用通信規格を扱う FCG セクション，FA よりの高速，汎用センサバスとしての IO-Link セクションとを統合する FDT セクションとの 3 セクション体制となり，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。2020 年度には，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開始した。次年度以降は，新たに，スマート製造にターゲットを絞った活動を予定しており，継続して産業界と連携して進めてゆく。