

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。本研究では、人工知能を積極的に活用する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およびインテリジェント化へと進化するため、製造実行システム（MES）の基本要件を、計装系の側面から再定義することを目的とする。すなわち、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。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する。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推進する。

2. 主な研究成果

2021 年度もひきつづき、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ほとんどを、オンライン中心のセミナーとして実施した。年度末に開催しているユーザセミナーも、オンライン開催となった。

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 2021 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 解析モデルの改良を実施した。最終的に水平管路に設置した場合の、気液二相状態と流動状態線図との対応関係を実験的に整理し、乾き度とデバイスから取得される信号との関連のメカニズムを捉えた。

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 26 回 ハイレベルセミナー: 「脱炭素社会に向けた工場内エネルギーマネジメントおよび企業間データ流通の現状と課題 Data Flow for Decarbonization in Industry」を 2021 年 10 月 19 日にオンライン開催した.

講演テーマ・講師:

1. 脱炭素社会に向けた工場内エネルギーマネジメント【講演 40 分】

横河ソリューションサービス株式会社 執行役員 勝木雅人様

2. 脱炭素社会に向けた企業間データ流通【講演 40 分】

NTTコミュニケーションズ株式会社 エバンジェリスト イノベーションセンター
スマートファクトリー推進室/スマートシティ推進室 兼務 境野 哲様

3. IONL における産業用データ流通に係わる研究【講演 40 分】

早稲田大学 IONL 嘱託 (横河電機) 伊藤章雄様

温室効果ガス排出量抑制はグローバルな連携が必要な課題であり, 温室効果ガス排出量は重要なマネジメント対象になる. 工場における生産活動は, 関連事業者とのエネルギー, 資材, そして, データ (情報) のやり取りによって成立している. 事業活動に応じて発生した正確な温室効果ガス (GHG) 排出量は, 重要なマネジメント対象になることが想定される. このような状況に対応した, 産業界における脱炭素社会に向けた様々なソリューションや課題について, 活発な議論が展開された. IONL の FDT セクションでは, これに対して, 現状のフィールド通信技術の元に, 欧州のデータ流通基盤である GAIA-X とのデータ連携を実現するためのテストベッドの開発を開始した. FA (Factory Automation) 向けのデモ装置を IIFES2022 (2022 年 1 月 26 日~28 日 <https://iifes.jp/>) にて (FA KPI 実証実験設備: IONL と IAF で連携構築) が, IAF ブースで紹介された. 2022 年度も引き続き, PA (Process Automation) 向けのテストベッド開発を推進する.

FCG, IO-Link, FDT セクション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 2022 年 3 月 11 日に実施し, 150 名の参加をえた. 2021 年度もオンライン開催として ZOOM Webinar 形式で実施した. 2021 年度の本セミナーのパネルディスカッションテーマは, 「スマート製造のためのデータ活用における課題と展望」とした. 国内で整備が進められているデータ連携基盤である DATA-EX を先導する一般社団法人データ社会推進協議会 (DSA) の会長で, 東京大学大学院情報学環・教授の越塚登先生に「分野を超えたデータ流通の実現に向けて~DATA-EX のコンセプトと DSA における取組」と題した基調講演をお願いした. 世界におけるデータ基盤への取り組みの考え方, 日本の戦略として, どのような方策を進めるべきかなど, 多彩な話題をご提供いただいた. 近い将来の戦略として, 国としてデータ基盤を整備し, 海外と条約締結してデータ主権を担保する方策が必要であること, ESG 情報や温室効果ガス排出量の取引などのデータは, ビジネス

を進める上で必須のデータであることや、データ連携基盤すなわちデータ流通の中間領域は協調して構築すべき領域であることなどを訴えられていた。パネルディスカッションでは、IONLの3セッションの代表に加え、旭化成株式会社の重富昭仁様、株式会社テクトロニクス&フルークの高橋英治様、NTTコミュニケーションコミュニケーションズ株式会社の境野哲様に参加いただき、製造現場におけるデータ活用に向けての課題とその展望について議論が交わされた。

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) 津金, 「雑誌計装7月号: WirelessHART 最新状況と HART-IP、APL について」, 2021/6/11
- (2) 高橋, 「雑誌計装11月号: データ駆動型プラント操業をサポートするフィールドネットワークの動向」, 2021/10/11
- (3) 津金, 「雑誌計装11月号: HART-IP による加速する情報統合」, 2021/10/11
- (4) 津金, 「雑誌計装11月号: HART 高速化規格: Phase Shift Keying (PSK) への期待と現状」, 2021/10/11
- (5) 高橋, 旭化成 重富「雑誌計装2月号: DXIG (DX 研究会) の活動概要と生産現場の近未来展望」, 2022/1/11
- (6) 元吉「安全ネットワークと機能安全」計装6月号、Vol. 64 No. 6, 2021/6
- (7) 若命「IO-Link の最新動向ー相互運用とデータ活用を容易に実現」計装12月号、Vol. 64 No. 12, 2021/12
- (8) 元吉「DX と IO-Link」計装12月号、Vol. 64 No. 12, 2021/12
- (9) Schulz、伊藤、竹内、FDT Group がめざすもの、計装9月号、Vol. 64 No. 9, 2021/9
- (10) 小川、FDT 技術の進化とその方向性、計装9月号、Vol. 64 No. 9, 2021/9
- (11) 亀井、FITS で加速するプラントオペレーションの DX, 計装9月号、Vol. 64 No. 9, 2021/9
- (12) 伊藤、竹内、FDT3.0 標準「FITS」に対するユーザ要求とそのソリューション、計装9月号、Vol. 64 No. 9, 2021/9
- (13) 安藤、初級者のための FDT 基礎講座、計装9月号、Vol. 64 No. 9, 2021/9
- (14) 堀越、境野、セキュリティ・データガバナンス観点での FDT への期待、計装9月号、Vol. 64 No. 9, 2021/9

4.3 受賞・表彰

- (1) [SICE Annual Conference International Award](#)

伊藤、Jason Chan Sin Wai、竹内、天野、Device Data Utilization Use Case Analysis for FDT Technology in Industrial Control System, SICE Annual Conference 2021, 2021/9/10, pp1348-1353

4.4 学会および社会的活動

- (1) 伊藤、Jason Chan Sin Wai、竹内、天野, Device Data Utilization Use Case Analysis for FDT Technology in Industrial Control System, SICE Annual Conference 2021, 2021/9/10, pp1348-1353、オンライン
- (2) 伊藤, 他, Special Panel Session: International Symposium on Safety and Secure Control System, 2021/9/8、オンライン

開催セミナー

- (1) フィールド通信技術セミナー「HART：導入・実践コース」（理工総研第3種行事）
2021.6.7-8 参加者名 2名
2021.9.6-7 参加者 2名
2022.3.7-8 参加者 1名
- (2) 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」（理工総研第3種行事）

2021.12.6-7 参加者 3名
- (3) フィールド通信技術セミナー「計装初心者のための入門講座」（理工総研第3種行事）

2021.7.16 参加者 22名
- (4) フィールド通信技術セミナー「最新技術セミナー」2021.11.5 参加者一名（理工総研第3種行事）
- (5) フィールド通信技術セミナー「IO-Link 技術セミナー」（理工総研第3種行事）
2021.5.14 参加者 2名
2021.11.19 参加者 1名
- (6) フィールド通信技術セミナー「IO-Link 技術セミナー」（理工総研第3種行事）
2021.11.19 参加者 1名
- (7) フィールド通信技術セミナー「FDT 体験セミナー1」（理工総研第3種行事）
2021/11/10 参加者 29名
- (8) フィールド通信技術セミナー「FDT 技術セミナー」（理工総研第3種行事）
2021/11/11 参加者 11名
- (9) フィールド通信技術セミナー「FDT 体験セミナー2」（理工総研第3種行事）
2021/12/1 参加者 14名
- (10) 境野哲、脱炭素社会に向けた企業間データ流通, 早稲田大学スマート社会技術融合研究機構（ACROSS）第26回ハイレベルセミナー（ACROSS 動力エネルギーシステム研究所 特別講演「脱炭素社会に向けた工場内エネルギーマネジメントおよび企業間データ流通の現状と課題」、オンライン, (2021/10/19)
- (11) 伊藤章雄、IONLにおける産業用データ流通に係わる研究, 早稲田大学スマート社会技術融合研究機構（ACROSS）第26回ハイレベルセミナー（ACROSS 動力エネルギーシステム研究所 特別講演「脱炭素社会に向けた工場内エネルギーマネジメントおよび企業間データ流通の現状と課題」、オンライン, (2021/10/19)

- (12) 伊藤、境野、茅野、堀越、藤島、小川、竹内、天野、脱炭素社会に向けたトラストなデータ流通基盤 GAIA-X 上でのデバイスデータ利活用の検討, SICE MSCS2022, 1F1-3, 2022/3/8(オンライン開催)

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 関東支部 第 28 期副支部長, 第 28 期商議員
4. 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の委員 (2021. 11. 29-2024. 3. 31)
5. 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
6. 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会委員長
7. GAJ 令和 3 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 (2021/7/1-2022/3/31)
8. JAXA 宇宙工学委員会 工学班員
9. 国際会議 ECOS 2021 Chair of the Conference, International conference Scientific Committee member
10. 国際学会 ECOS International Inc. board member
11. ジャーナルエディタ Renewable Energy , Managing Guest Editor for VSI: ECOS_2021
12. ジャーナルエディタ Energy , Guest Editor for VSI: ECOS_2021
13. ジャーナルエディタ Frontiers in Energy Research, Guest Editor for Selected Papers from ECOS 2021 section Process and Energy Systems Engineering
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. 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. 2021 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. 次年度以降は, 新たに, カーボンニュートラルに係わるスマート製造における自動化システムにターゲットを絞った活動や, ユーザ事例の分析などを中心に産業界と連携して進める予定である.