



**社会連携講座「次世代ものづくりアーキテクチャ」
2023 年度実績報告書**

2024 年 9 月 10 日

東京大学大学院工学系研究科人工物工学研究センター

特任教授・代表研究者 梅田 靖

<http://nextarch.race.t.u-tokyo.ac.jp>

目次

1.	実施状況.....	1
1.1.	2023 年度活動概要.....	1
1.2.	未来ビジョン WG.....	1
1.3.	共同研究テーマ.....	2
1.3.1.	共同研究テーマ 1 「持続可能なサプライチェーンを実現する Transformable Architecture のモデリング」.....	3
1.3.2.	共同研究テーマ 2 「強い現場力を進化させ続けるデジタルトリプレット型 CPPS の実現」.....	3
1.3.3.	共同研究テーマ 3 「ワークエンゲージメント向上に向けた作業者デジタルツインの実現」.....	3
1.3.4.	共同研究テーマ 4 「機械加工のデジタル化技術開発」.....	4
1.3.5.	共同研究テーマ 5 「圧縮機組立精度のデジタル評価技術開発」.....	4
1.4.	教育活動.....	4
2.	公表した成果.....	4

1. 実施状況

1.1. 2023 年度活動概要

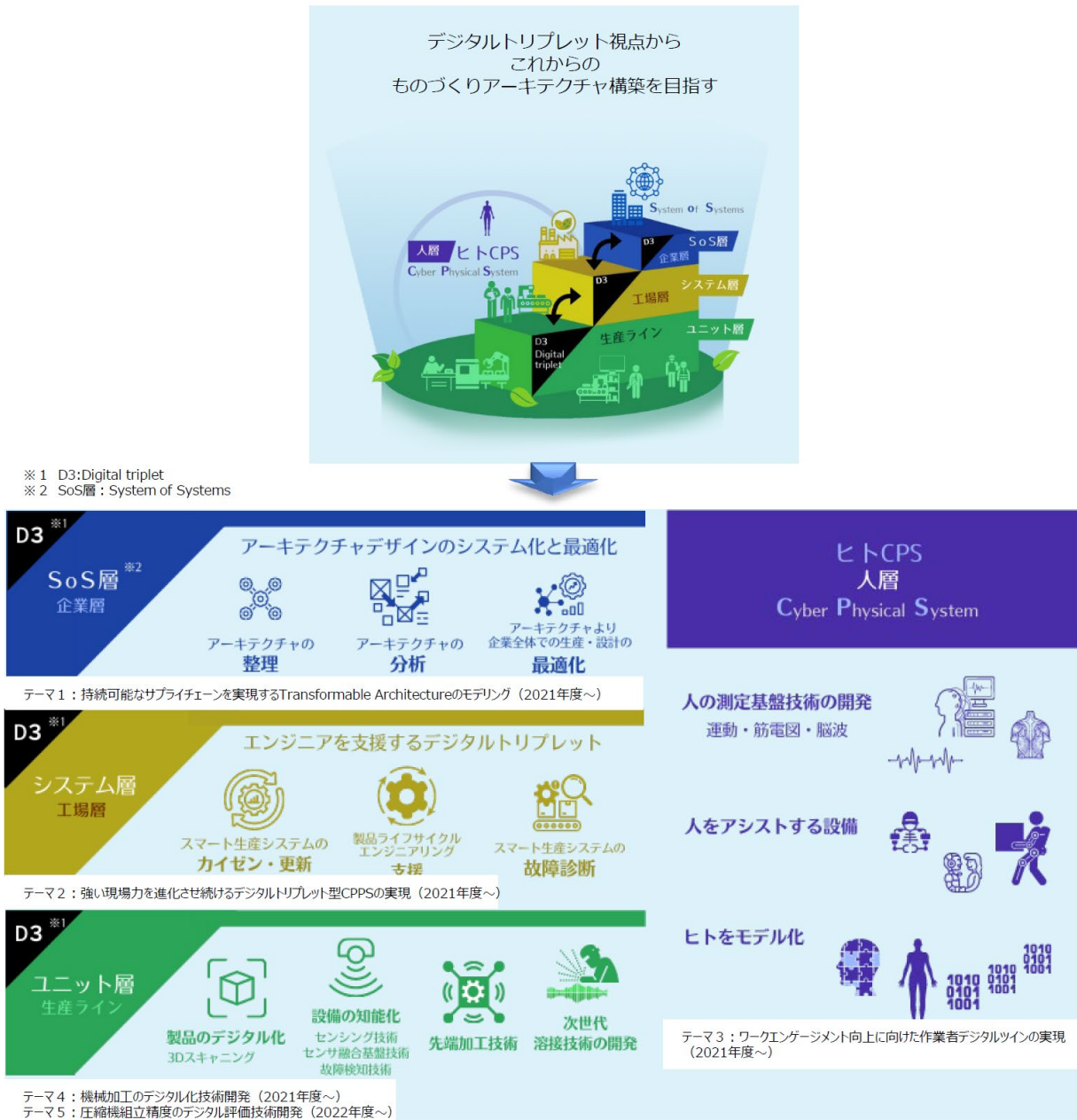
- 2021 年 7 月 1 日から開始したダイキン工業と東京大学の産学協創協定契約に基づいた社会連携講座「次世代ものづくりアーキテクチャ」を引き続き推進した。具体的には、未来ビジョンの論議を主目的とする未来ビジョン WG、共同研究テーマ、教育活動の 3 種類の活動を推進した。

1.2. 未来ビジョン WG

- 本講座では、持続可能社会の実現に貢献し、将来にわたって高付加価値型の製造業をもたらす「次世代ものづくりアーキテクチャ」の構築を目指す。2022 年度までに持続可能社会における諸課題の整理、「ものづくりアーキテクチャ」が意味する設計構想、Value Chain 図における整理を行った。
- 2023 年度の未来ビジョン WG では、「日本のものづくりが世界で勝ちつづけていくための目指すべきものづくりの姿を示す」ことを目指し、「今後、製造業がもたらすべき価値とは？」と「日本の強みを活かしたものづくりとは？」について議論を行った。
- これまで日本の強みであった「現場力、すり合わせ力」が、少子高齢化等による人材の量的・質的变化によって弱みになってきていることを共通認識とした上で、「企業-顧客-従業員の関係性トライアングル」に着目し、日本の強みを活かしたものづくり活動の強化によって相互の関係性強化を図る考え方を打ち出した。

1.3. 共同研究テーマ

- 共同研究テーマ5つについて、引き続き推進した。本社会連携講座の研究概略と各共同研究テーマの位置づけを図1に示す。



➤ 図1 研究概略と共同研究テーマの位置づけ

1.3.1. 共同研究テーマ 1 「持続可能なサプライチェーンを実現する Transformable Architecture のモデリング」

- 2022 年度に構築した手法を多種製品向けに拡張し、2 機種の業務用空調室外機の工場周り（Tier-1 サプライヤ-工場-倉庫）のサプライチェーンを例題として適用するとともにシミュレーションモデルを構築した。特に製品のアーキテクチャ（BOM：Bill of Material）とその製造、組立プロセスの割当関係（BOP：Bill of Process）のモデル化により、最終目標であるダイキンサプライチェーンのアーキテクチャ設計の基礎となるモデルが構築できた。
- 製品のアーキテクチャと製造プロセスのアーキテクチャとの組合せによるモノづくりアーキテクチャのモデルを参照し、社内のサプライチェーン構築時の検討項目調査することにより、本開発技術への現場での活用に必要な機能（アーキテクチャの記述と活用に関する機能）の候補を洗い出した。さらには、関係特許を調査し知財戦略を策定することにより、アーキテクチャの記述モデルとそのモデルを活用した意思決定のプロセスなどの将来の技術開発に向けた方針を立てた。

1.3.2. 共同研究テーマ 2 「強い現場力を進化させ続けるデジタルトリプレット型 CPPS の実現」

- 製造設備状態監視システム開発プロセスを対象として、2022 年度までにエンジニアの問題解決プロセスの実行ログを記録する Digital Triplet 型エンジニアリング作業支援システムのプロトタイプを構築した。2023 年度は、本システムを現場で継続的に運用することを目指し、Digital Triplet に基づく進化し続ける予知保全に必要な保全活動とシステムのアーキテクチャを整理してフレームワークを構築した。
- 進化し続ける予知保全のために、蓄積すべき保全知識・実績データ項目の洗い出し、それらの関係性を定義した。
- 設備保全知識ベースと実績データベースのモデルの（仮）定義とそれに基づく事例記述により、知識ベース構築に向けた要件の一部を特定した。

1.3.3. 共同研究テーマ 3 「ワークエンゲージメント向上に向けた作業者デジタルツインの実現」

- 製造現場における作業者のワークエンゲージメントと生産性を両立する生産管理システムの立案・構築を目指し、2022 年度までに作業者の状態を、主観的なストレスの指標、身体的負荷の指標、生体反応（脳や自律神経）の指標の 3 つの指標で評価するセンシング手法を提案した。
- 2023 年度は、製造工場の作業者のワークエンゲージメント向上のためのセンシング（把握）、モデル化（予測）、フィードバック（制御）のループを回す仕組みのうち、作業者のストレスとワークエンゲージメントに関わるダイナミクスモデル（ストレス⇒ストレス反応⇒ワークエンゲージメント向上⇒属性として機能）を提案し、ストレス⇒ストレス反応⇒属性の関係性を調査した。

- ダイナミクスモデルの仮説を検証するため、精神的および身体的のストレス反応のそれぞれについて、計測方法を開発し、パッケージ化仕様を検討した。

1.3.4. 共同研究テーマ4「機械加工のデジタル化技術開発」

- これまでシミュレーションすることが難しかった研削工程を含む圧縮機の製造工程について、2022年度までに圧縮機の内径切削加工の解析モデルを構築した。
- 2023年度は、圧縮機の研削加工に適用し、研削中の状態を解析できる解析プラットフォーム（内面・平面研削/研削抵抗・温度）および、解析精度向上のための材料パラメータ取得環境を構築した。
- 解析結果と実加工試験の比較検証テストを実施した。

1.3.5. 共同研究テーマ5「圧縮機組立精度のデジタル評価技術開発」

- 空調機において高精度な組立が要求される圧縮機を対象に、組立精度の自動評価技術の実用化を目指し、2022年度までに圧縮機勘合部品の3Dスキャン評価法を構築し、実部品で有効性確認を行った。
- 2023年度は、3Dスキャニングを用いて部品形状を高精度に測定可能なアルゴリズムを提案し、測定結果を反映した組立状態の圧縮機メカ部の可視化システムを構築した。
- 本年度測定した対象部品においては、本年度の目標である寸法精度 $\pm 5 \mu\text{m}$ の精度で測定できた。

1.4. 教育活動

- 2023年度は教育活動として、研究特化型グローバルインターンシップを実施した。本講座に参画する教員3名と学生6名が、DIL（ダイキン工業国内臨海工場）およびDTTP社（ダイキンアメリカ・ヒューストン工場）を訪問した。
- 「工場設備の保全業務のノウハウ再利用」について、DILにおける事前調査を踏まえ、日本とアメリカの違いを調査し、ノウハウ再利用の仕組みを海外工場にも展開する場合の課題を特定し、展開方法のアイデアを提案した。

2. 公表した成果

- 新森聡志, 伊藤愛, 浜靖典, 梅田靖; Digital Triplet に基づく問題解決プロセスの逐次記述支援手法; 日本機械学会論文集, Vol. 90, No. 929, 2023, doi: 10.1299/transjsme.23-00127
- Xianyu Zhang, Shihao Li, Zhenzhi Ying, Naohiko Sugita; Finding assistance strategies based on musculoskeletal simulation and machine learning; XXIX Congress of International/Japanese Society of Biomechanism, 031-4, 2023

- Chika Furuta, Yu Murata, Hitoshi Tanaka, Naoya Noguchi, Ai Ito, Kazutaka Ueda, Nodoka Yamada, Yasunori Hama, Keisuke Nagato; Estimation of eustress state during factory work using EEG; Neuroscience 2023, Washington, D.C., November 11–15, 2023
- Chika Furuta, Tessho Ura, Kazutaka Ueda, Nodoka Yamada, Ai Ito, Yasunori Hama, Keisuke Nagato, Masayuki Nakao; A Method for Measuring Flow State Using EEG in Monotonous Task; International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE) 2023
- 古田千花, 上田一貴, 山田和佳, 伊藤愛, 浜靖典, 長藤圭介; 生産ラインにおける工場作業者のストレス構造; 産業・組織心理学会第 38 回大会, 講演番号 P17, 2023
- 黄 雨竹, 澤井 伽奈, 櫻井 悠太郎, 横瀬 清識, 高根沢 悟, 青山 和浩; 製品ファミリーの分析と構造設計によるサプライチェーンマネジメントの支援; 日本機械学会第 33 回設計工学・システム部門講演会, 講演番号 1103, 2023
- 伊藤 愛, 新森 聡志, 浜 靖典, 梅田 靖; Digital Triplet 型プロセス記述によるエンジニアのノウハウ蓄積の実用化可能性; 日本機械学会第 33 回設計工学・システム部門講演会, 講演番号 3101, 2023
- 櫻井悠太郎, 黄雨竹, 佐藤佑亮, 澤井伽奈, 横瀬清識, 高根沢悟, 青山和浩; 持続可能なサプライチェーンのアーキテクチャ設計に関する研究; 日本機械学会第 14 回横幹連合コンファレンス, 講演番号 PS-18, 2023
- 坂本聖, 三竹祐矢, 伊藤 愛, 野口直也, 赤松政紀, 浜 靖典、梅田 靖; デジタルトリプレット型予知保全システムの提案; 2024 年度精密工学会春季大会学術講演会, 講演番号 E29, 2024

以上