



**社会連携講座「次世代ものづくりアーキテクチャ」  
2024 年度実績報告書**

**2025 年 8 月 4 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

<b>1. 実施状況</b> .....	1
<b>1.1. 2024 年度活動概要</b> .....	1
<b>1.2. 未来ビジョン WG</b> .....	1
<b>1.3. 共同研究テーマ</b> .....	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
<b>2. 公表した成果</b> .....	4
<b>3. 受賞</b> .....	5

## 1. 実施状況

### 1.1. 2024 年度活動概要

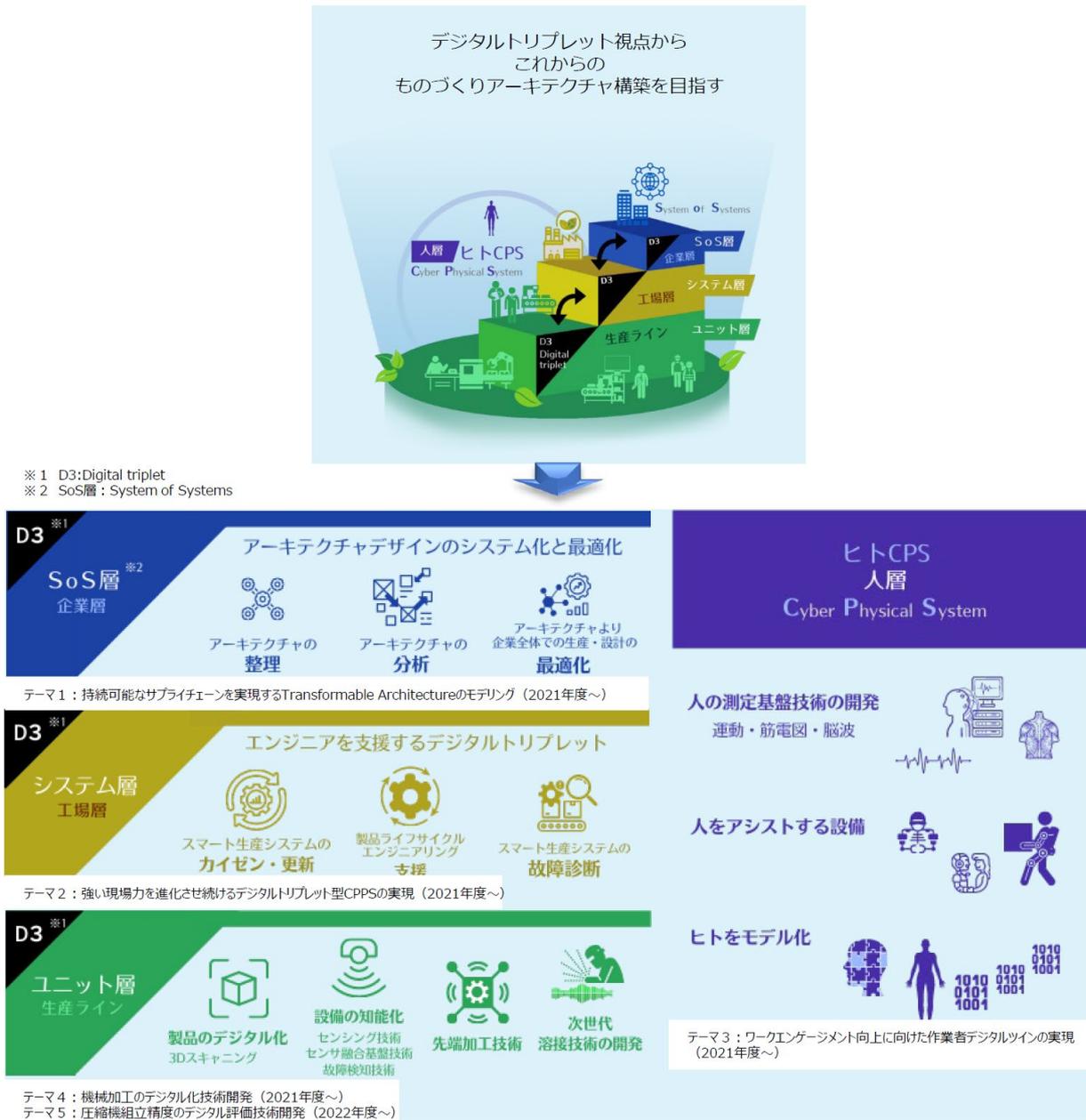
- 2021 年 7 月 1 日から開始したダイキン工業と東京大学の産学協創協定契約に基づいた社会連携講座「次世代ものづくりアーキテクチャ」を引き続き実施した。
- 本社会連携講座の第 2 回公開シンポジウムを開催し（2024 年 12 月 17 日開催）、設立 3 年を過ぎた取り組み状況と成果について、中間報告を実施した。参加申し込み数は 246 名（会場参加 40 名、オンライン参加 206 名）で、盛況であった。

### 1.2. 未来ビジョン WG

- 2023 年度までに、「企業-顧客-従業員の関係性トライアングル」に着目した Value Chain 構成案を打ち出し、三者相互の関係強化を推進する活動施策案を整理した。2024 年度は、三者の関係性強化から創造される価値で再整理し、「価値創造の循環システム」案を提示し、「具体的な提供価値」を整理した。
- 本講座の設立当初から示してきた「ユニット層」、「システム層」、「SoS 層」、「ヒト層」の 4 つの層で構成したもののづくりアーキテクチャ構成図の視点から、内部環境・外部環境の変化に対するヒトの知識・学習や活動サイクルを盛り込んだ具体的な関係構成案の検討を開始した。
- 未来の工場の姿の視点から、進化し続けるためのヒトの関わり方とデータ循環を盛り込んだコンセプト（Software-defined Factory）案の検討を開始した。

### 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」

- 2023 年度までに、内部環境・外部環境の変化に対するトランスフォーマブルなものづくりアーキテクチャを具体化するために、俯瞰的意思決定を支援することを目指したサプライチェーンモデルの構築を行ってきた。2024 年度は、サプライチェーンを性能-能力-特性の要素の関係で説明するモデルを提案し、サプライチェーン全体の主要な動きを捉えたマクロ層のモデルと各ステークホルダーの詳細な動きを捉えたマイクロ層のモデルを連携させることでシステム全体の動きを俯瞰し、注目すべき範囲を絞り込み、具体的かつ詳細な分析を行う手法を構築した。
- 俯瞰的意思決定を支援する性能向上度や、背反発生度、変更難易度等の評価指標を提案し、有効性を確認した。

### 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」

- 強い現場力を進化させ続ける保全システムの構築を目的とし、2023 年度までには、予知保全システムを現場で継続的に運用するために必要となる、「故障予知進化サイクル」および「診断処置支援進化サイクル」を含む Digital Triplet 型設備統合保全システムの構想案を構築した。2024 年度は、本構想の中核となる「診断処置支援進化サイクル」を対象に、プロトタイプシステムの構築を完了し、現場検証により有効性を確認するとともに、現場での試運用を開始した。
- 「診断処置支援進化サイクル」実施のためのプロトタイプシステムには、作業員に対するユーザ・インタフェースとして、通常業務で使用している FMEA、設備構成図と設備保全知識ベース間で相互に情報を変換するサブシステムを構築した。

### 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員デジタルツインの実現」

- 製造現場における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、2023 年度までに工場作業員の職業ストレスとワークエンゲージメントのダイナミクスモデル（Worker's Engagement Loop model : WEL モデル）を提案して効果検証をおこなった。2024 年度は、現場での試運用を行い、WEL モデルに基づくワークエンゲージメント向上のサイクルについて、以下の 2 点を確認した。
  - ① 作業員のストレス、ストレス反応、ワークエンゲージメントを可視化し、管理者が立案した施策により、ストレス、ストレス反応が変化したことを確認した。
  - ② 作業員デジタルツインによって得られたデータを分析し、作業員のストレスとストレス反応の関係にワークエンゲージメントの度合いが影響を与えていることを確認した。

- 身体負荷については、2023年度までに構築した身体負荷計算モデルに基づき、2024年度は現場でのシステム運用・実証を行った。工場作業者の作業負荷を動的かつ連続的に高精度で定量評価し、作業者の負荷状況を可視化できることを確認した。

#### 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」

- スイング圧縮機の製造工程の設計工程（研削工程の加工条件決定等）の期間短縮を目指し、2023年度までに「材料除去メカニズム」および「発熱メカニズム」「砥粒摩耗メカニズム」を取り込んだ定常摩耗モデルを構築した。2024年度は、砥石寿命の予測を可能とするため、砥石摩耗の解析技術構築に取り組み、「砥粒脱落モデル」を考案し、砥石寿命の予測技術の獲得を図った。
- 「砥粒脱落モデル」については、Spring-8を用い、インプロセスにて加工状態を観測することに成功した。

#### 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」

- 性能品質安定化のために重要となる圧縮機勘合部品の組立精度の評価技術について、2023年度までに、精度向上のための3Dスキャンデータの処理手順見直しと、評価結果の可視化プログラムの構築を行った。2024年度は、現場導入に重要となる、高速化のための複数個同時スキャンの撮影に成功した。
- さらに高精度化を目指し、測定したデータ（点群データ）を用いて形状フィッティング（モデル化）の手法を開発し、既存ラインの測定データを活用することで、 $\mu\text{m}$ オーダーでの形状測定が実現できる可能性を示した。

## 2. 公表した成果

- 佐藤佑亮, 黄雨竹, 澤井伽奈, 横瀬清識, 高根沢悟, 青山和浩; 製造業サプライチェーンの変更を支援するアーキテクチャの構築; 日本機械学会第34回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 講演番号2402, 2024.
- Hikaru Sakamoto, Yuya Mitake, Ai Ito, Naoya Noguchi, Masaki Akamatsu, Yasunori Hama, Yasushi Umeda; Proposal of Digital Triplet-based predictive maintenance framework; Procedia CIRP, Volume 130, pp. 977-981, 2024.
- 坂本聖, 三竹祐矢, 赤松政紀, 野口直也, 伊藤愛, 浜靖典, 梅田靖; デジタルトリプレットに基づく進化指向予知保全のためのリポジトリの設計; 日本機械学会第34回設計工学・システム部門講演会講演論文集, 講演番号1407, 2024.
- 坂本聖, 三竹祐矢, 赤松政紀, 野口直也, 伊藤愛, 浜靖典, 梅田靖; デジタルトリプレット型予知保全支援システムの提案(第2報) -診断処置支援の実現-; 2025年度精密工学会春季大会, 2025年度精密工学会春季大会学術講演会論文集, pp21-22, 2025.
- 伊藤愛, 山田和佳, 上田一貴, 田中齊, 浜靖典, 長藤圭介; 工場作業者のワークエンゲージメントの時間的変化を考慮したループモデルの提案と実証; 第20回日本感性工学会春季大会, 講演番号3P01-01, 2025.

- Haonan Ren, Toru Kizaki, Hiroyuki Kamura, Takayuki Nishizawa, Chao Wang and Naohiko Sugita; Direct observation of the clogging development during the grinding process; International Conference on Precision Engineering 2024, Poster OS06-20.

### 3. 受賞

- 伊藤愛: 日本機械学会第 33 回設計工学・システム部門講演会 優秀講演表彰, 2024 年 9 月.  
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論文集, 3101, 2023 に対して.
- 佐藤亮介: 2024 年度日本物流学会物流研究奨励賞, 2025 年 3 月.  
佐藤亮介, 修士論文「サプライチェーンのモデリングによる設計変更の影響の構造化と評価手法の開発」に対して.

以上