調査・報告

製造業向けエンジニアリング DX に関する調査研究

土井　康平*　大野　宏*　天城　裕子**　長谷川　直樹**　木嶋　祐太**　石井 啓貴***　小林　豊*

Research Report on Engineering Digital Transformation for Manufacturing Industry

DOI Kohei*, OHNO Hiroshi*, AMAKI Yuko**, HASEGAWA Naoki**, KIJIMA Yuta**,
ISHII Hirotaka*** and KOBAYASHI Yutaka*

1. 緒　　言

近年，デジタル化の全世界的な進展や国際的な政治経済情勢の変化を背景に，製造業ではデジタル技術の活用による事業競争力の強化が必要不可欠になっている。DX（Digital Transformation）は，業務効率化や生産性向上だけに留まらず，製造機能全体の最適化，新商品・サービスの開発や新規顧客の獲得といった事業機会の拡大を実現するための重要な取り組みとして位置づけられている [1)]。

当所では，製造業における DX 推進に向けた調査・研究活動を令和 3 年度より行っている。令和 3 年度は製造現場での IT システムの展開を見据えたサンプルアプリケーションの試作 [2)]，令和 4 年度は「ノーコード・ローコード」ツールの製造現場への展開を図るための試行実験や，機械学習を使った化学分析データ解析の付加価値向上の検討等を行った [3)]。令和 5 年度は業務の補助に焦点を当てた「生成 AI の製造業利用技術」の開発に取り組んだ [4)]。今年度は，これらのツールや技術の検討に継続して取り組むとともに，製造現場への活用可能性を見据え，生成 AI を応用することによって，これまでにない新たな業務ツールを試作開発することに加え，県内製造業の状況調査を行ったので報告する。

* 研究開発センター
** 下越技術支援センター
*** 中越技術支援センター

2. DX の取り組み状況

（独）中小企業基盤整備機構の「中小企業の DX 推進に関する調査 2024」では，DX 推進について既に実施済み，あるいは検討中との回答が全体の 40.2％であった。前回調査と比較して 10.8 ポイント上回る結果となっており，取り組んでいる企業が増加していることが分かる。また，DX 推進の課題として「リソース不足」「情報不足」が依然上位に挙げられている一方で，「何から始めてよいかわからない」という課題は減少しており，全体的に DX 推進が着実に進展している様子がうかがえる [5)]。

本調査研究においては，DX に関する県内製造業の先進的な取り組みを紹介するセミナーを開催し，アンケート結果から AI やクラウドを導入している企業が多いこと，AI やロボットの導入に関心がある企業が多いことが分かった。その結果を図 1 および図 2 に示す。

一方，早くから社内データのデジタル化に取り組み，現在では先進的な取り組みにつなげている県内企業も増加している [6)]。

3. デジタル技術動向調査

3.1 生成 AI の製造業利用

生成 AI の製造業利用を調査した結果について述べる。OpenAI 社の ChatGPT の登場以降，生成 AI の技術は急速に進化し，製造業でも設計，生産管理，品質保証などの分野で活用が期待されている。しかし，一般的な生成 AI は社内の固有情報を学習していないため，正確な回答を得るには検索拡張生成（RAG:Retrieval-Augmented

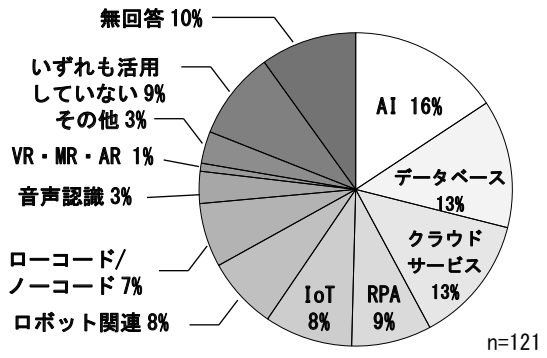

図 1　アンケート結果(活用しているデジタルツール)

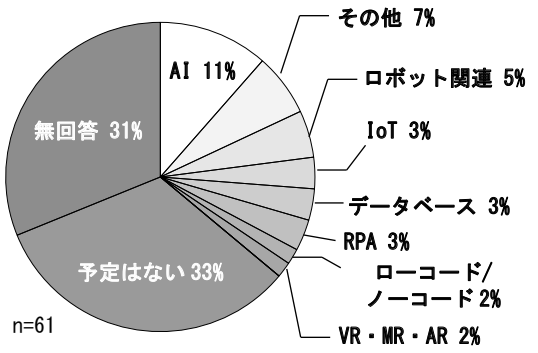

図 2　アンケート結果(これから活用したいデジタルツール)

Generation)やファインチューニングといった手法が必要となる。

RAG は外部データを検索しながら回答を生成し，新しい情報を簡単に更新できるのが特徴であり，ファインチューニングは専門分野に特化した AI モデルを構築できるが，再学習に計算コストがかかるため，頻繁な更新が必要な場合には RAG が適すると考えられている。

また，生成 AI のエージェント機能は，対話型 AI を超えてタスクの自動化や意思決定支援を行い，次に示すような様々な分野で導入が始まっている。

・インターネット検索エージェント：適切な検索クエリを自動生成し，検索結果を整理して提示することで，情報収集の効率と精度を向上させる。

・生産スケジュールの最適化エージェント：機械の稼働状況や作業者のシフトを考慮し，最適なスケジュールを作成・調整する。スケジュールの最適化は数理最適化の方が適しており，AI は補助的役割で活用することが期待されている。

・設備保守，異常検知エージェント：IoT センサと連携し，設備の状態を監視しながら異常を検知し，予防保全を実現する。

・需要予測，在庫管理エージェント：市場動向や発注データを分析し，適正在庫を維持することで，部品不足や過剰生産を防ぐ。

生成 AI エージェントを活用することで，製造業の業務効率化，品質向上，コスト削減が可能となる。今後，技術の進化により，さらに多くの場面で活躍が期待される。

3.2　簡易データベース構築について

デジタル技術を用いることで企業の業務効率化を図ることが期待されているが，多くの企業では，既存システムの老朽化や複雑化，ブラックボックス化が障壁となり，新たな技術の導入が円滑に進まない状況が続いている。また，生成 AI やローコード・ノーコード開発ツールの普及が進んでいるものの，既存システムとの統合やセキュリティ対策等の課題の他に，導入に係る多額の費用も課題となっている。このような背景のもと，本調査研究では，汎用 Web アプリケーションとリレーショナルデータベース言語を活用し，安価かつ迅速に導入可能なデータベース構築の方法を検討した。

4.　当所における取り組み

県内製造業による活用を見据えて実施した研究内容について述べる。

4.1　機械学習を使った社内データの活用

製造業では，装置の温度管理が製品の品質に大きく影響する場合がある。本調査研究では県内のある工場を例に機械学習を使った社内データの活用に取り組んだ。当該工場では，休日明けには，始業時刻までに装置が作業可能な温度に達している必要があるが，温度維持には多く

の電力を消費し，無駄なエネルギー消費を抑えるために最適な温度管理を行う必要がある。しかし，装置の熱容量や，季節の変遷に伴う気温変化の影響により，適切な加熱開始時刻は把握し難いため，現状ではかなり余裕を見て予熱を開始している。本研究では，無駄になっていたエネルギーの削減を目指し，温度推移時系列データの活用による予熱開始タイミングの最適化を検討した。

ある時点の温度から数時間後の温度を予測し，所定の温度に達する時刻を推定するため，1 年分のデータを使い機械学習モデルを学習させ，ある温度から 10 時間後の温度を予想させたところ，予想値と実測値がほぼ同じになった。これにより最適な加熱開始時刻を把握でき，温度維持に使用していた無駄なエネルギーを削減できる。

4.2 ローコード・ノーコードツールを使ったアプリケーション開発

近年，ローコードツールを活用したシステム開発が注目されている。ローコードとは，ソースコードをほとんど書かずにシステムやアプリケーションを開発できる手法で，IT 人材が不足する中，専門家以外でも開発しやすいという利点がある。本研究では，ソニー(株)のローコード IoT ツール「MESH」を用いて，生産設備の稼働状況を示す積層信号灯のモニタリングシステム構築を試みた。

実験では WindowsPC を IoT ゲートウェイとしてセンサーユニット「MESH ブロック」と PC・タブレットを組み合わせて使用し，Bluetooth 接続で MESH の明るさブロックを制御して積層信号灯の状態を LINE 通知する仕組みを構築した。図 3 に通知画面の例を示す。結果として，低コストかつ容易に IoT システムを構築できることが確認され，PoC にも適用可能と考えられる。ただし，標準ブロックでは複雑な処理に対応できないため，MESH SDK を活用したカスタムブロック作成が必要になる場合がある。

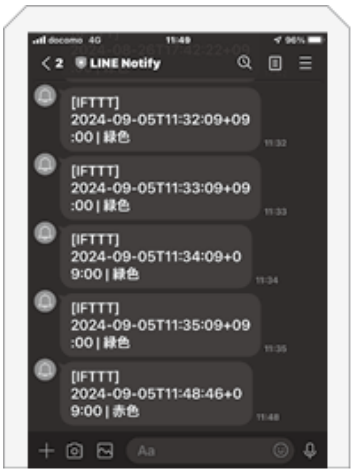

図 3　通知画面

4.3 Python と SQL を使った小規模データベースの構築

製造業の生産現場では加工機のデジタル化が進む一方，工程の進捗管理や作業日報管理などの付帯業務のデジタル化は遅れており，紙の帳票や Excel での管理が主流である。これに対し，昨年度は Python と SQL を用いた簡易データベースの構築を試行したが [4]，フロントエンド開発に課題があったため，本年度はフロントエンドフレームワークの導入を検討した。

Django は高機能なバックエンドフレームワークであるが，フロントエンドの表現力に制約がある。そのため，フロントエンド専用のフレームワーク(React，Vue，Angular など)を活用し，

図 4　作業日報管理 Web アプリケーションの入力・表示画面

Django との組み合わせによる開発方法を模索した。試行の結果，Django をバックエンドとして「Django REST framework」を活用し，データベース処理を API 化した。また，フロントエンドには「React」を使用し，ユーザーインターフェースの開発を行った。

作業日報管理 Web アプリケーションの試行では，CRUD と呼ばれる 4 つの主要な機能，「作成（Create）」「読み出し（Read）」「更新（Update）」「削除（Delete）」の基本的な機能を備えたアプリケーションを構築し，比較的容易にデータベース連携が可能であることを確認した。図 4 に試作したアプリケーションの表示画面を示す。一方，フロントエンドフレームワークの進化が早く，適切なツール選定やバージョン更新が課題となった。また，Python は主にバックエンド向けであり，フロントエンド開発では JSX（JavaScript XML）などの異なる言語が必要となるため，複数言語の習得が求められる。今後も関係するフレームワークの情報収集と試行を継続する必要がある。

4.4 XR 技術を活用した動的マニュアル作成の試行

製造業では，新人教育に多くの時間とコストがかかるが，指導者の不足や育成の時間確保が課題となっている。本研究では DX 推進の一環として，教育効果の向上とコスト削減に資する XR（クロスリアリティ）と生成 AI を活用した体験型教育マニュアル「XR マニュアル」の開発に取り組む企業に実験環境を提供し，効果を検証した。

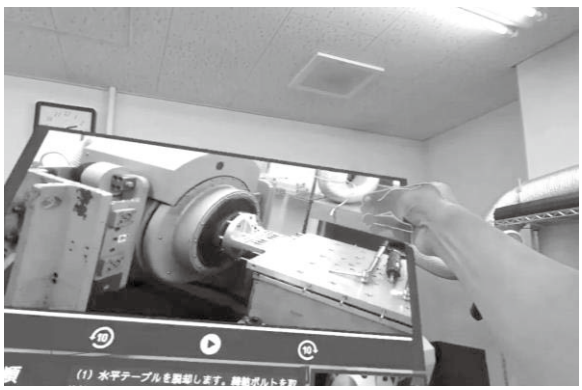

図 5　コンソール表示

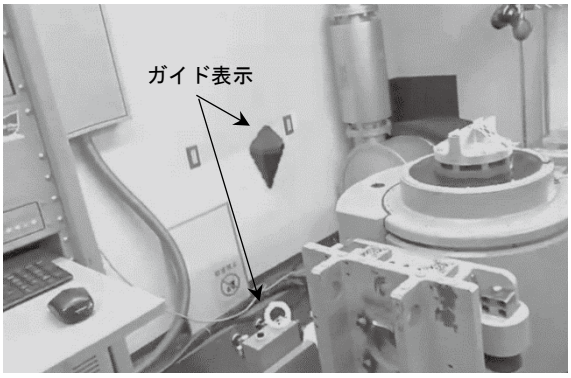

図 6　ガイド表示

XR とは，「クロスリアリティ（Cross Reality）」もしくは「エクステンデッドリアリティ（Extended Reality）」の略称であり，現実世界と仮想世界の組み合わせにより新たな体験を生み出す技術全般のことである。具体的には，AR（Augmented Reality: 拡張現実），VR（Virtual Reality: 仮想現実），MR （Mixed Reality: 複合現実）といった技術の総称である [8]。

開発したシステムは，Meta 社の XR ヘッドセットとクラウドサービスを組み合わせ，以下の機能を実装している。

・コンソール表示（図 5）：操作ボタンや画像・テキストを表示する。

・ガイド表示（図 6）：教示用 3D オブジェクトで作業手順を案内する。

・ハンドトラッキング（図 7）：作業者の手の動きのデータベース化および熟練者の手本再生を表示する。

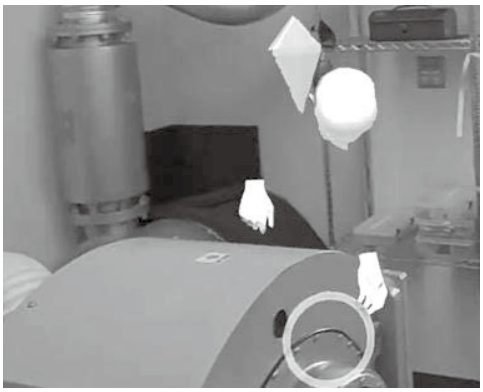

図 7　ハンドトラッキング

図 8　AI 連携の概念図

・マニュアル取り込み: 電子データ化されたマニュアルをデータベース化する。

・AI 連携（図 8）: 音声認識や生成 AI による作業を支援する。

実証試験では，当所所有の振動試験機の操作を対象として XR マニュアルの効果を被験者へのヒアリングにより検証した。紙資料や口頭説明による従来の指導法やタブレットを利用した方法に対する，教育時間，学習効果について比較すると共に，AI 機能の有用性について評価した。実証試験の結果を以下に記す。

・作業工数: XR マニュアルは従来方式より教育時間を短縮したが，作業自体の効率化には課題が残った。

・学習効果: 1 か月後の再試験で，XR マニュアル使用者は従来方式より 5 分短縮し，スキル定着率も向上した。

・AI 機能: 生成 AI の回答精度には改善の余地がある。

・使用感: UI（User Interface）が使いにくく，ヘッドセットは長時間の作業に不向きである。

以上の結果より，XR マニュアルは教育ツールとして有効であるが，AI 回答の質や UI の改善が必要である。また，製造業での活用を拡大するためには，適切なユースケースの開拓や研究開発の継続が求められる。

4.5　ロボットを使ったピッキングシステムの開発

中小企業の製造現場では，バラ積み部品のピッキング自動化が求められている。平成 29 年度に行った受託研究でピッキングシステムのソフトウェアを開発し，その後，委託先企業の取り組みにより後加工や収納の自動化も実現した。さらに，センサを活用して部品の表裏判定や絡まりを検知する機能を追加し，現在は実生産で活用されている。図 9 に稼働中のピッキングシステムを示す。開発したシステムはロボットや 3 次元センサ，パソコンなどで構成され，装置全体の価格は約 360 万円と高額であった。

図 9　バラ積み部品のピッキングシステム

そこで本研究では，図 10 に示すより安価な 4 軸ロボットを用いたシステムを開発した。部品の姿勢に合わせてフレキシブルに動く吸着器を導入したことで，ピッキングの精度を向上させた。また，制御用プログラムを C 言語から Python に書き換え，3 次元センサのデータ処理は C 言語の DLL 化によって対応した。このシステムでは装置の価格を約 240 万円に抑えることができた。

さらに，高価格な 3 次元センサの代わりに，2 次元カメラの使用を前提とした，図 11 のようなバラ積み部品の山を機械的に平坦化する装置を試作した。この装置を導入することにより，

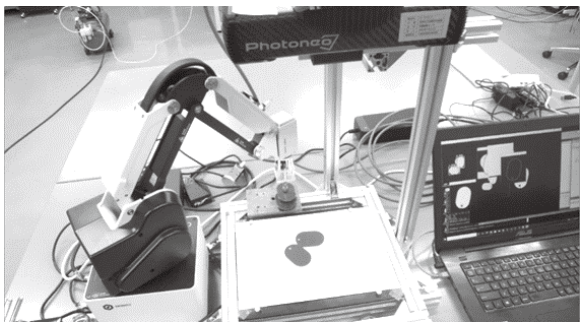

図 10　4 軸ロボットを使ったピッキングシステム

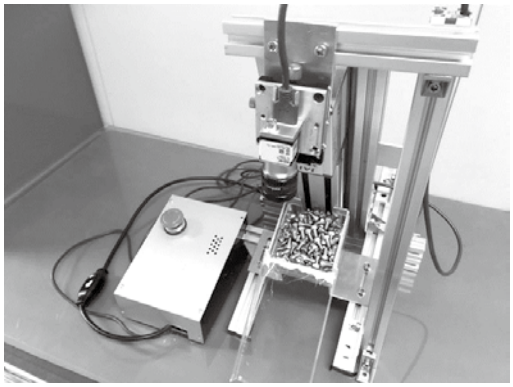

図 11　部品を平坦化する装置

システムはさらに安価な約 100 万円となり，導入しやすい価格帯となった。

5. 結　　言

(1) DX は単なる業務効率化や生産性向上に留まらず，製造機能全体の最適化や新商品・サービスの開発，新規顧客の獲得といった事業機会の拡大を実現するための重要な取り組みである。

(2) DX に取り組む企業は年々増加しているが，依然として取り組みを始められない企業も存在している。

(3) 生成 AI の普及に伴い，業界によらず様々な類型の利活用事例が創出されており，今後も更なる進展が見込まれる。

(4) 新規設備を導入することなく，機械学習による社内データの活用によってエネルギー削減を実現することができることを示した。

(5) 新人作業者の教育を想定した XR・生成 AI 等の最新技術を活用した体験型の教育用マニュアルを開発した。AI 回答の質や UI の改善が必要であることが明らかになった。

(6) 日々進歩するデジタル技術について県内企業に情報提供を図るとともに，研究テーマの発掘に継続して努める必要がある。

参考文献

1) 経済産業省, 2024 年版ものづくり白書(2024), pp.201-218.

2) 石井啓貴ほか, “企業向けエンジニアリング DX に関する調査研究”, 工業技術研究報告書, No51(2022), pp.113-117.

3) 石井啓貴ほか, “企業向けエンジニアリング DX に関する調査研究”, 工業技術研究報告書, No52(2023), pp.57-63.

4) 小林豊ほか, “企業向けエンジニアリング DX に関する調査研究”, 工業技術研究報告書, No53(2024), pp.95-99.

5) (独) 中小企業基盤整備機構, 中小企業の DX 推進に関する調査(2024 年) (2024), pp.13-14.

6) (公財) にいがた産業創造機構, “DX 推進優良事例集(NICO)”(2024), p.109.

7) 経済産業省, 生成 AI 時代の DX 推進に必要な人材・スキルの考え方(2024), p.40.

8) KDDI(株)ホームページ, https://biz.kddi.com/content/column/smartwork/what-is-ar/, (閲覧 2025-3-3).