

令和6年度職業訓練教材コンクール 厚生労働大臣賞（特選）受賞

やまなしキャリアアップ・ユニバーシティ ～生産性向上のための IoT 実践技術講座～

山梨県立産業技術短期大学校 永田 靖貴

1. 緒 言

国内企業における人手不足は年々深刻化しており、従業員1人当たりの業務負担増加や生産活動の停滞、競争力の低下など、地域経済に深刻な影響を及ぼすことが懸念されている。特に、中小企業の製造業における従業員の過不足 DI¹は、2023年にマイナス20.4となり、人手不足感が一層強まっている¹⁾。

労働力不足への対応策として、生産性向上に取り組む企業が増えている。特に、大手企業を中心に、IoTやAI、クラウドサービス等のデジタル技術の導入が進んでいる。一方、中小企業においても、デジタル技術を積極的に活用した企業は、2019年から2023年にかけて営業利益が伸びた割合が高く、賃上げや従業員の処遇改善が進んでいる¹⁾。具体的な活用例として、生産設備のIoT化による設備稼働状況の可視化や異常監視業務の自動化、画像認識AIを用いた品質検査業務の自動化等が挙げられる。このようなデジタル技術の導入により、従業員の業務負担軽減や生産性向上を実現している企業が増えつつある。

デジタル技術の導入により生産性向上への効果が期待される一方で、多くの中小企業ではデジタル技術の導入が停滞している。停滞の主な原因是、デジタル技術を活用して課題解決を推進できる人材（以下、DX人材と呼ぶ）の不足である。外部の専門家やITベンダーの活用は、開発費用に加えて継続的

な運用コストが発生するため、予算確保が困難である。さらに、外部依存が続くと社内にノウハウが蓄積されず、システムの更新や緊急時の対応に遅れが生じるリスクがある。中小企業が生産性を向上し、持続的な競争力を維持するためには、自社の課題を見極め、解決策を導き出せる実践的なDX人材の育成が喫緊の課題である。

本教材は、DX人材の育成を目的として開講した「やまなしキャリアアップ・ユニバーシティ²～生産性向上のための IoT 実践技術講座～」（以下、DX講座と呼ぶ）に向けて開発したものである。本稿では、教材開発及び講座カリキュラムについて紹介する。

2. 教材開発

教材開発及び講座カリキュラムの設計にあたり、山梨県内の50社以上を訪問し、生産現場における課題解決の状況やIoT化が停滞している原因について調査を行った。その結果、生産設備のIoT化や生産現場のDX推進が停滞している主な原因是、次の2つであることが分かった。

1つ目は、既存設備のIoT化に伴う導入コストや更新に伴う設備停止期間に対する懸念である。これに対して、「低コスト」かつ「短期間」で開発可能なIoTシステムを開発し、その成果を普及する目的で教材を開発した。

2つ目は、デジタル技術を活用して自社の課題解決を推進するDX人材の不足である。これに対し

¹ Diffusion Index：企業における労働力の「不足」と「過剰」の割合から、その差を数値化して労働力の不足感を表す指標。

² 山梨県で働く人々のリスクリキングを推進する拠点として2023年に開講し、実務に役立つ実践的な講座を多数提供している。

て、DX人材の育成を目的とした教材を開発し、働きながら効率的に技術習得できる講座のカリキュラムを設計した。

令和2年度以降、開発したIoTシステムの成果普及を目的とした講座を毎年開催し、これまでに40社・100名以上が受講している。受講者が習得した技術は20社以上の生産現場で活用され、課題解決や生産性向上に貢献している。

DX講座向けに開発した本教材は、これらの課題解決事例を反映し、実践的な技術の習得を重視して新たに開発した。以下に、本教材の構成について述べる。

2.1 教材構成

本教材は、テキスト（707ページ）と5種類の専用基板で構成する。生産性向上に取り組む多くの技術者とコミュニケーションを図り、課題解決に必要な技術を教材に反映した。職業訓練教材コンクールにおいては、初学者がIoTシステムについて基礎から応用まで習得できる点やシステム構築手順が詳細に説明されている点が評価され、高い訓練効果が期待できると評価を受けた²⁾。

2.2 テキスト構成

テキストは全11章で構成した（図1）。IoTシステムの構築に必要な技術を体系的かつ段階的に習得できるよう、「導入・開発環境構築」、「データ取得」、「データ蓄積・活用」、「IoTシステム構築」の4つのパートに分けて教材を開発した。

● 導入・開発環境構築

- 第1章 Raspberry Pi開発環境構築
- 第2章 GPIO制御

● データ取得

- 第3章 センサ
- 第4章 生産設備
- 第5章 カメラ・画像処理・OCR

● データ蓄積・活用

- 第6章 データ収集と活用
- 第7章 データベース構築・可視化

● IoTシステム構築

- 第8章 オンラインストレージの活用

第9章 通知機能・AIの活用

第10章 クラウドサービスを活用した対話機能

第11章 無線通信を使用したセンシング

テキストは実習形式で作成し、専用基板を使用して実際にIoTシステムを構築しながら学習できるように工夫した。また、実習過程における作業ミスを防止し、学習の進捗を円滑にするため、実習工程を細分化してすべての作業を手順化した。この結果、テキストのページ数は増加したが、作業ミスが減少し、学習効率及び学習モチベーションの向上といった効果が得られた。さらに、手順化されたテキストは、受講後も活用できる手引書として多くの技術者に利用されている。

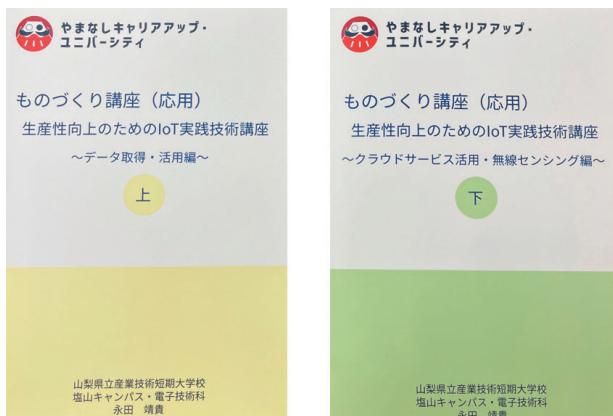


図1 テキスト教材（上・下巻）

2.3 ハードウェア構成

低コストかつ短期間で開発可能なIoTシステムを実現するため、Linux OSベースでマルチタスク処理が可能なRaspberry Piを採用した。

Raspberry Piは、約1万円で購入可能な小型の組み込みコンピュータである。2012年の発売開始以降、教育やホビー分野で主に利用されてきたが、CPUの性能やメモリ容量等が向上し、近年は産業分野での利用が増加している。特に、IoTシステムの中核デバイスとして利用されるほか、AI処理、特にディープラーニングによる画像認識やデータ解析にも活用されている。

しかし、Raspberry Piを使用してIoTシステムを構築する場合、解決すべき以下の課題がある。

1つ目は、センサ等のデバイスとの接続に関する

る課題である。Raspberry Pi は、I2C や UART, SPI 等のインターフェースを備えている。しかし、デバイスとの接続は、基板上の拡張端子に直接ケーブルを接続する構造であるため、デバイス接続における堅牢性や安全性の確保が課題である。

2つ目は、複数の場所に設置されたセンサや生産設備からのデータ収集に関する課題である。Raspberry Pi を複数の場所に設置する IoT システムは、コストや設置環境、運用面から現実的ではない。そのため、無線通信機能を備えたデバイスを開発し、複数のセンサや生産設備と連携した効率的なデータ収集の実現が課題である。

これらの課題を解決し、生産現場の課題解決に必要なシステムを構築するため、5種類の専用基板を開発した。

以下に、開発した専用基板について述べる。

2.3.1 HAT Board

アナログセンサ及び I2C・UART 通信デバイスとの接続に対応するため、HAT Board（図 2）を開発した。本基板は、Raspberry Pi の拡張端子に装着して使用するスタック構造のため、デバイス接続に堅牢性や安全性を確保できる。さらに、A/D コンバータ（Microchip 社製：MCP3002）を搭載しており、アナログセンサからのデータ取得が可能である。

HAT Board を使用することで、温湿度・気圧センサ（Bosch 社製：BME280）やアナログセンサ、I2C 接続可能なセンサからのデータ収集が可能となる。DX 講座では、センサデータの収集や分析、リ

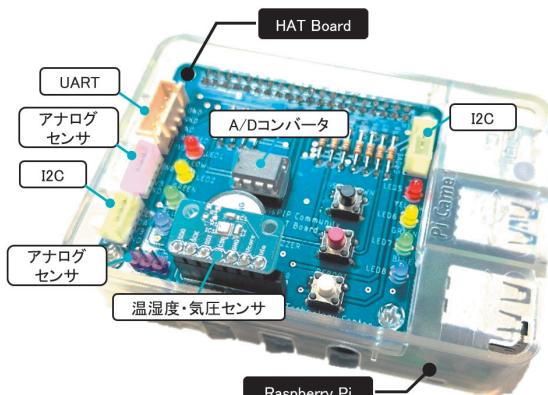


図 2 HAT Board

アルタイム可視化等を通して、IoT システムの基礎技術を効率的に習得できる。

2.3.2 Sensor Board

複数の場所に設置されたセンサや生産設備からのデータを無線通信により収集するため、Sensor Board（図 3）を開発した。

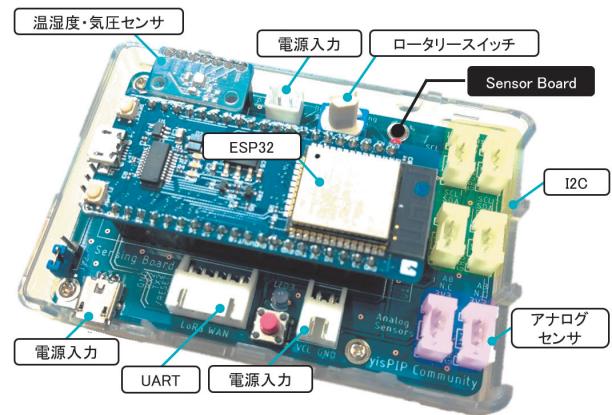


図 3 Sensor Board

本基板には、Espressif Systems 社製の無線通信モジュール ESP-WROOM-32（以下、ESP32 と呼ぶ）を搭載した開発ボード ESPR® Developer 32（Switch Science 社）を採用した。ESP32 は、Wi-Fi（IEEE 802.11b/g/n, 2.4GHz）及び Bluetooth（Classic/ BLE 4.2）に対応しており、無線通信を利用したデータ収集が可能である。

電源用コネクタは 3 カ所に設置し、モバイルバッテリーや電池、ソーラーパネル等、複数の給電方式を併用できる設計とした。また、複数の Sensor Board を使用したデータ収集に対応するため、Sensor Board を識別するロータリースイッチを搭載する。さらに、HAT Board と同様に、温湿度・気圧センサ（Bosch 社製：BME280）を搭載し、アナログセンサ及び I2C・UART 通信可能なデバイスからもデータ収集が可能である。

DX 講座では、Sensor Board が取得したセンサデータを無線通信で Raspberry Pi に送信し、リアルタイムで可視化する等、実用性の高い IoT システムの技術を習得できる。

2.3.3 Isolator Board ver1

Raspberry Pi 及び ESP32を用いて生産設備の制御信号を入出力するため、 Isolator Board ver1（図4）を開発した。

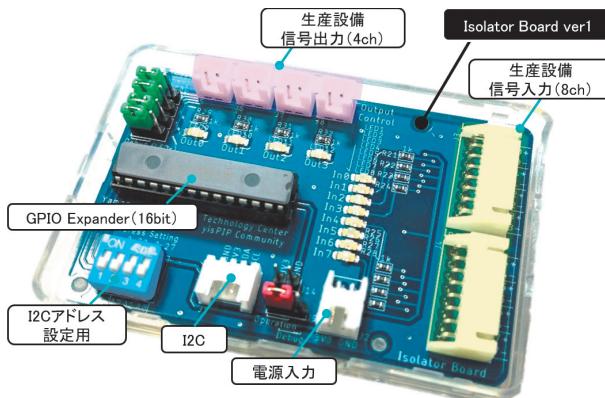


図4 Isolator Board ver1

本基板は、生産設備とのインターフェース回路として、入力 8 ch、出力 4 ch に対応するため、16bit の GPIO Expander (Microchip 社製 : MCP23017) を採用した。また、入力回路にはフォトカプラ (Toshiba 社製 : TLP-292-4)，出力回路にはフォトリレー (Toshiba 社 製 : TLP172AM) を使用し、生産設備の回路構成を有電圧接点 (DC24V) と想定して設計した。

Raspberry Pi 及び ESP32は、GPIO Expander と I2C 通信で接続して生産設備の制御信号を入出力する。I2C 通信のデバイスアドレスは DIP スイッチで設定可能であり、最大 8 台の Isolator Board ver1 と I2C 通信で接続できる。

さらに、既存の生産設備を活用した IoT システムの効率的な開発を支援するため、デバッグ機能を搭載した。デバッグ機能では、電池駆動で Isolator Board ver1 を単体動作させ、生産設備との接続状態や出力制御信号の状態を LED 表示で確認できる設計とした。

DX 講座では、生産設備の代わりに、生産設備と同じ有電圧接点 (DC24V) をもつ VPE Board (図5) を使用する。実用性の高い IoT システムの開発を支援するため、Sensor Board が Isolator Board ver1 から取得した生産設備の稼働データを無線通

信で Raspberry Pi に送信し、リアルタイムで可視化する等の実習内容を導入した。

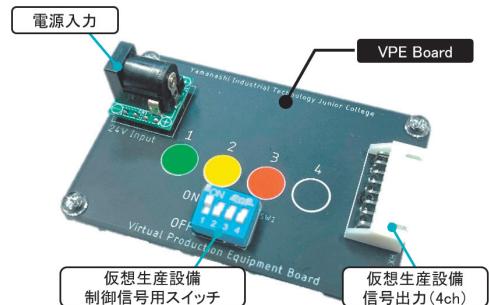


図5 VPE Board

2.3.4 Isolator Board ver2

Sensor Board 及び Isolator Board ver1 の機能を統合し、IoT システムの簡素化とコスト削減を目的として、Isolator Board ver2 (図6) を開発した。

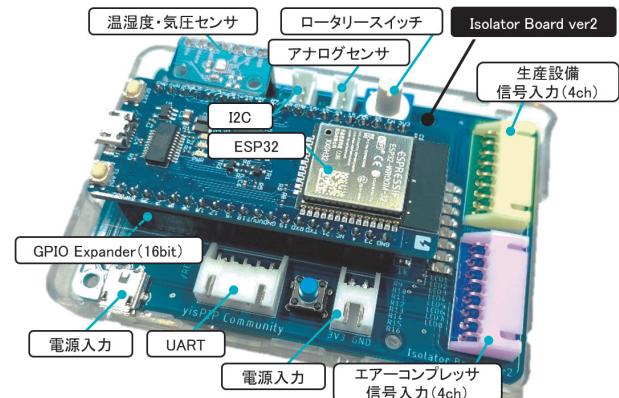


図6 Isolator Board ver2

本基板は、生産設備とのインターフェース回路として、有電圧接点 (DC24V) に対応する入力回路 4 ch と、無電圧接点に対応する入力回路 4 ch を備える。有電圧接点に対応する回路は、工作機械等の生産設備を想定し、無電圧接点に対応する回路は、エアーコンプレッサ等の工場設備を想定して設計した。

ESP32 は、16bit の GPIO Expander (MCP23017) を使用して、生産設備やエアーコンプレッサとの間で制御信号の入出力を行う。また、アナログセンサ及び I2C・UART 通信にも対応しており、多様なデバイスとの連携が可能である。さらに、複数の生産設備や工場設備の IoT 化に対応するため、

Isolator Board ver2を識別するロータリースイッチを搭載する。

2.3.5 LoRa Board

Raspberry Pi と ESP32の間で LPWA (Low Power Wide Area) 通信を可能とする LoRa Board (図 7)を開発した。

通信プロトコルには、LPWA 通信規格の一種であり、無線変調技術としてチャーブ・スペクトラム拡散を使用する LoRa (Long Range) 通信を採用した。

本基板には、LoRa 通信モジュールとして、EASEL 社製の ES920LR2を採用し、Raspberry Pi 及び ESP32と UART 通信で接続する。

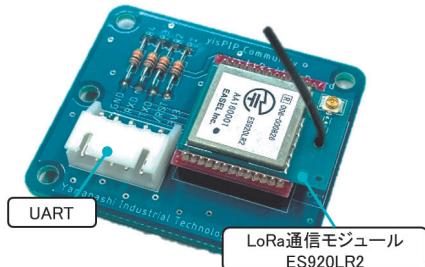


図 7 LoRa Board

本基板は、通信事業者が管理するゲートウェイにデータを送信する LoRaWAN に加えて、Raspberry Pi をゲートウェイとして、独自の通信ネットワークを構築するプライベート LoRa (以下、LoRa 通信と呼ぶ) に対応する。

LoRa 通信は通信費が発生せず、低コストで運用可能な IoT システムの構築が可能である。さらに、LoRa 通信は、遠距離通信が可能であり、屋外や屋内環境において広範囲の無線ネットワークを独自に構築できる。

以下に、本基板を使用した通信テストの結果を述べる。

屋外環境における通信テストの結果を図 8 に示す。ゲートウェイを Raspberry Pi と LoRa Board で構成し、これを山梨県立産業技術短期大学校・塩山キャンパス（以下、産短大と呼ぶ）の屋上に設置した。GPS を搭載した Sensor Board から位置情報をゲートウェイに送信し、受信した位置情報を地

図サービスに記録して通信可能範囲を確認した。その結果、産短大から最大約24 km 離れた地点との LoRa 通信に成功した。



図 8 LoRa 通信可能範囲 (屋外)

屋内環境における通信テストの結果を図 9 に示す。産短大の校舎（鉄筋コンクリート構造）を使用し、ゲートウェイは、南キャンパス講義棟 #1 の 1 階に設置した。ゲートウェイは、Sensor Board と LoRa 通信を行い、受信信号強度 RSSI (Received Signal Strength Indicator) を記録して通信可能範囲を確認した。その結果、約300m 離れた北キャンパスを含む全ての場所で LoRa 通信が正常に行われることが分かった。

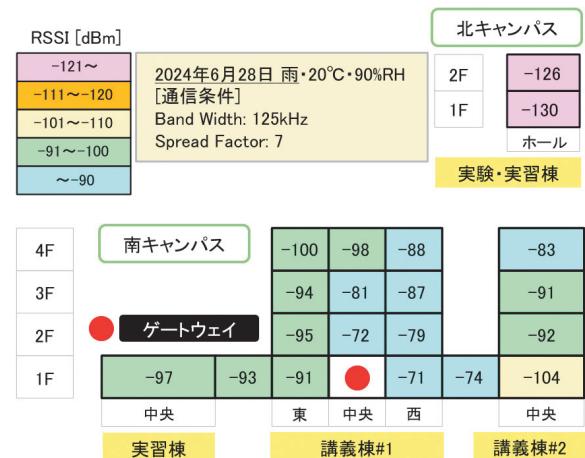


図 9 LoRa 通信可能範囲 (屋内)

920 MHz の周波数帯を使用した LoRa 通信は、Wi-Fi 通信に比べて波長が長いため、電波の回折や反射が起こりやすく、障害物を回り込んで電波が届

きやすい性質がある。この性質から、屋内環境においても広範囲の無線ネットワークを構築できる。

3. 講座カリキュラム設計

DX講座のカリキュラムは、初学者がIoTシステムの基礎から応用まで段階的に習得し、実際の生産現場で活用できるスキルを身に付けることを目的として設計した。

講座は全12回（各回2時間30分）で構成し、DX講座のために開発したテキストを使用する。カリキュラムは、IoTシステムの構築に必要な技術を体系的かつ段階的に習得できるよう、「導入・開発環境構築」、「データ取得」、「データ蓄積・活用」、「IoTシステム構築」の4つのパートに分けて設計した。

3.1 導入・開発環境構築（第1回～第2回）

第1回では、過去にDX講座を受講し、受講後に自社の課題解決や生産性向上を実践した受講生が、成果事例を発表する。これにより、受講生は習得する技術の具体的な活用例を理解し、学習モチベーションの向上が期待できる。

第2回では、受講生のWindows PCに開発環境を構築し、Raspberry Piの基本的な制御方法を学習する。まず、開発に必要なソフトウェアをインストールし、CUI環境での開発方法を学ぶ。その後、Raspberry Piの初期設定を行い、HAT Boardに実装されたスイッチやLEDを活用してGPIO端子の制御方法を習得する。

3.2 データ取得（第3回～第5回）

第3回では、Raspberry Piの各種通信インターフェースについて学習し、HAT Boardを用いたセンサデータの取得技術を習得する。アナログセンサのデータは、HAT Boardに搭載されたA/Dコンバータを介して取得する。

第4回では、Webカメラを使用し、静止画及び動画の取得技術を習得する。さらに、画像処理ライブラリOpenCV³⁾を用いた画像処理について学習し、7セグメントLED表示器の画像からOCRを

用いて数字を認識・データ化する技術を習得する。

第5回では、PLC及び生産設備からのデータ取得を実習カリキュラムに導入するため、生産設備を想定して開発した実習システム（図10）を使用する。

Modbus⁴⁾通信について学習し、Raspberry Piを用いた通信制御により、PLC及び生産設備の制御技術を習得する。さらに、生産設備の回路構成を学習し、Isolator Board ver1を使用して、生産設備のデータ取得・制御技術を習得する。

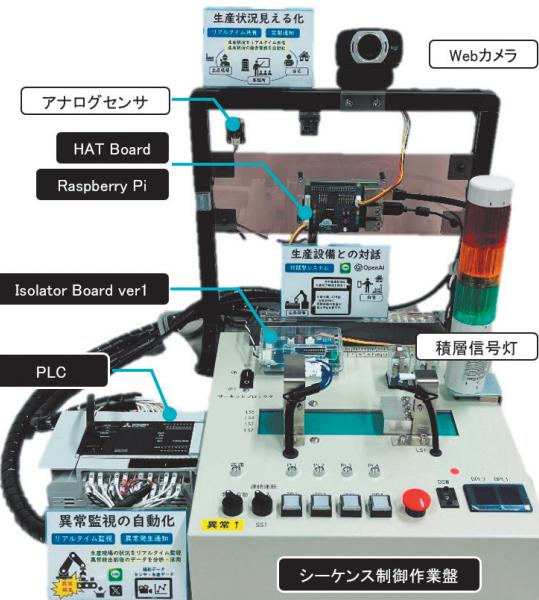


図10 実習システム

3.3 データ蓄積・活用（第6回～第7回）

第6回では、センサやカメラ、生産設備から取得したデータの蓄積技術を習得する。さらに、データ分析ライブラリPandas⁵⁾及びグラフ描画ライブラリMatplotlib⁶⁾について学習し、Raspberry Piに蓄積したデータの統計処理・可視化技術を習得する。

第7回では、時系列データの蓄積に特化したデータベースInfluxDB⁷⁾について学習し、データベースの構築・操作技術を習得する。さらに、様々な種類のグラフや表、パネル等を用いて時系列データを可視化できる可視化ソフトウェアGrafana⁸⁾について学習し、データを一元管理する技術を習得する。

3.4 IoTシステム構築（第8回～第12回）

第8回から第10回は、これまでに習得した技術

を活用し、IoT システムの構築及び安定稼働に必要な技術を習得する。

Raspberry Pi で稼働するプロセスの一覧を表1 に示す。Systemd を用いたプロセス管理機能を学習し、各プロセスを同時に稼働させ、IoT システムの構築技術を習得する。さらに、ウォッチドッグタイマ機能を学習し、各プロセスの異常発生や停止を常時監視し、IoT システムの安定稼働を実現する技術を習得する。

表1 稼働プロセス一覧

プロセス	処理内容
リアルタイム共有	・センサデータ収集 ・収集したセンサデータの可視化 ・オンラインストレージへのアップロード
定期通知	・センサデータの定期通知
リアルタイム監視	・センサデータの異常監視 ・異常検出前後のデータ保存
異常発生通知	・異常検出後、直ちにアラート通知
対話型遠隔監視制御	・作業者からのメッセージ受信待機 ・メッセージに対する応答 ・メッセージに応じた遠隔監視制御

第11回から12回は、Sensor Board を用いて無線通信を使用したセンシング技術を習得し、これまでに構築した IoT システムの拡張及び機能強化に取り組む。

第11回では、ESP32 の開発環境を構築し、Sensor Board の制御方法を学習する。さらに、I2C 及び UART 通信インターフェースについて学習し、温湿度・気圧センサからのデータ取得及び Isolator Board ver1との通信技術を習得する。

第12回では、IoT に適した通信プロトコルである MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) 通信について学習し、Sensor Board-Raspberry Pi 間で MQTT 通信を利用したセンサネットワークの構築技術を習得する。さらに、LoRa Board を用いて広範囲な LoRa 通信によるセンサネットワークの構築技術を習得する。

3.5 IoT システム搭載機能

DX 講座では、受講生が実際の生産現場で活用で

きるスキルを身に付けるため、IoT システムの構築を実習カリキュラムに導入し、実践的な技術の習得を重視した。

実習カリキュラムで構築する IoT システムに搭載する機能は、生産現場の課題解決や生産性向上を実現するため、企業ニーズに基づいて開発した。

以下に、DX 講座で構築する IoT システムの主要な機能について述べる。

3.5.1 リアルタイム共有

本機能は、Raspberry Pi が収集・可視化したデータをオンラインストレージにアップロードし、リアルタイム共有できる環境を構築する。オンラインストレージとして、Google Drive⁹⁾を採用した。DX 講座では、温湿度・気圧センサのデータや可視化したグラフ画像を、リアルタイムで Google Drive にアップロードする機能を実装する。

本機能の導入により、収集・可視化した生産データのリアルタイム共有が可能となり、従業員が遠隔地から生産状況をリアルタイムで把握できる。さらに、長期的なデータ収集により、短期間のデータ収集では困難であった生産データの傾向分析が可能となり、製品品質の向上や設備保全業務の改善が期待できる。

3.5.2 データ一元管理

本機能は、Raspberry Pi が収集したデータをデータベースに蓄積し、ダッシュボードで一元管理できる環境を構築する。DX 講座では、複数の生産設備の稼働状況を一元管理するダッシュボードを作成する（図11）。

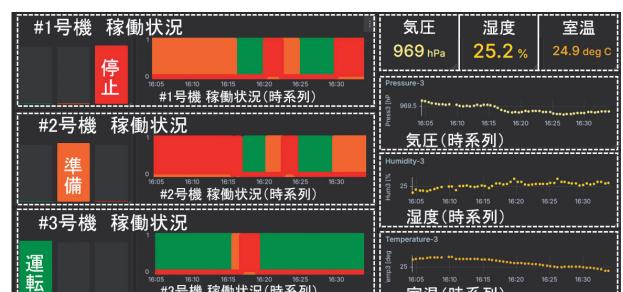


図11 ダッシュボード作成例

本機能の導入により、各種センサや生産設備のデータを統合的に管理し、データ収集の効率化とデータ分析精度の向上を実現する。具体的な活用例として、生産設備の稼働データや異常発生前後のデータを長期的に蓄積・分析することで、生産計画の最適化や予知保全の実現が期待できる。

3.5.3 リアルタイム監視

本機能は、センサや生産設備のデータをリアルタイムで監視し、あらかじめ設定した条件や閾値を基に異常を検出する。さらに、異常発生時にはリアルタイムで通知を行い、異常発生時の生産状況や異常発生原因を迅速かつ的確に把握できる環境を構築する。DX講座では、温度データをリアルタイムで監視し、異常検出後直ちにメールで通知する機能を実装する。

本機能は、リアルタイムで異常を検出するだけでなく、ドライブレコーダーのように異常検出前後のデータをすべて記録できる。記録されたデータは、異常検出後直ちにメールやSNSに通知されるため、生産設備の早期復旧及び異常発生原因の特定にかかる時間の短縮が可能となり、設備稼働率の向上及び製品品質の改善が期待できる。

3.5.4 定期通知

本機能は、データ収集や分析、報告等、データ管理に係る業務を省力化・自動化できる環境を構築する。DX講座では、温湿度データを用いて、データ分析結果を定期的に報告する機能を実装する（図12）。

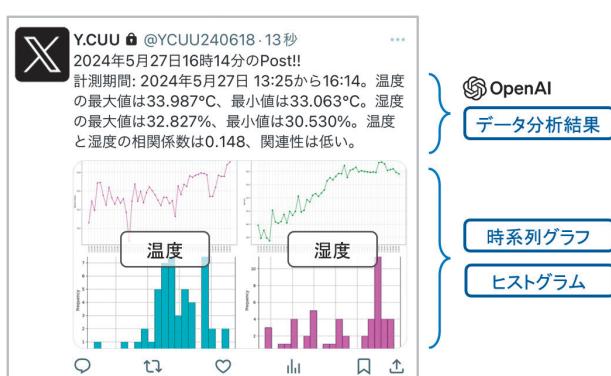


図12 Xによる定期報告

データ分析には、Pythonのデータ分析ライブラ

リ Pandas に加え、OpenAI¹⁰⁾を採用した。データ報告には、画像や動画を添付し、リアルタイムで正確な情報共有が可能な X¹¹⁾を活用した。

本機能の導入により、従来の人手によるデータ収集業務の負担や夜間・休日のデータ不足といった問題が解消され、効率的かつ正確なデータ収集が可能となる。さらに、定期報告機能により、データ分析や報告に係る業務の省力化・自動化が期待できる。

3.5.5 対話機能

本機能は、作業者と生産設備との間でインタラクティブなコミュニケーションを可能とする「対話機能」を構築する。対話を実現するためのアプリケーションとして、国内において最も利用率が高いSNSアプリケーションであるLINEを採用した。対話機能の構成を図13に示す。

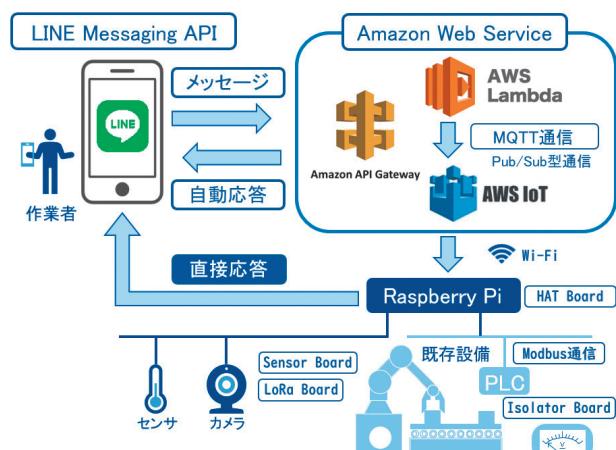


図13 対話機能の構成

本機能は、LINE Messaging API¹²⁾とクラウドサービス AWS¹³⁾ (Amazon Web Service) により構成する。対話は、作業者からのメッセージに対して、AWS による「自動応答」と Raspberry Pi による「直接応答」を組み合わせて実現する。

DX講座では、生産設備を想定した実習システムを用いて、生産設備の遠隔監視制御を行う対話機能を実装する（図14）。

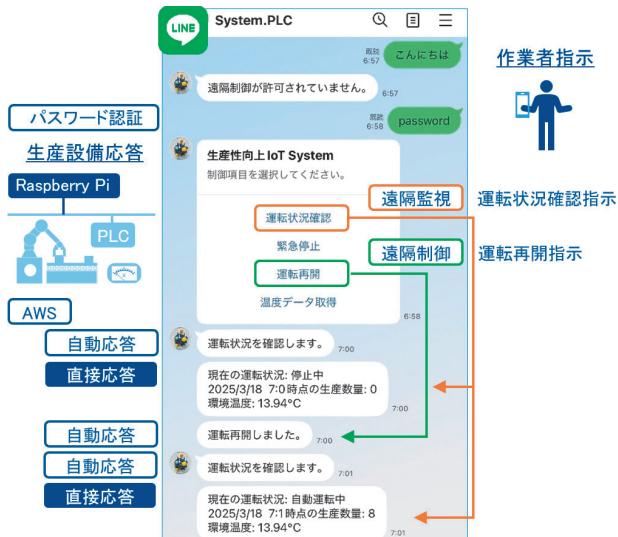


図14 LINEによる遠隔監視制御

本機能の導入により、作業者からのメッセージに応じて、センサや生産設備のデータ取得、カメラによる生産現場の撮影、生産設備の遠隔制御等が実現する。これにより、従来は人手によって行われていた作業の遠隔制御が可能となり、従業員の負担軽減や省人化・省力化が期待できる。

4. 結 言

自社の課題解決を推進できるDX人材の育成を目的としたDX講座は、令和2年度から毎年開催し、40社・100名以上が受講した。また、多様化・高度化する企業の課題に対して効果的な技術を提供するため、コミュニティ活動を通して企業ニーズを把握し、ニーズに即した教材開発やカリキュラム設計に継続的に取り組んできた。

DX人材へと成長した受講生は、受講後も自社の課題解決に継続的に取り組み、生産設備の稼働率向上や異常監視業務の自動化等のシステムを自社開発し、生産性向上を実現している。約20社の受講生が参加するコミュニティ活動は、課題解決事例や課題解決に使用した技術情報、新たなデバイスやクラウドサービスに関する情報等を共有している。これまでに共有された情報は120件を超え、共有された情報を参考に課題を解決した企業もあり、コミュニティが課題解決の推進に貢献している。

コミュニティ活動は、技術の進展が著しいデジタル技術分野の情報を効果的に提供・共有し、企業の課題解決を促進している。コミュニティ活動に参加する企業からは、「他社の課題解決事例を参考にして、自社の課題解決を推進できた」との声が聞かれ、企業間の相互協力による効果が生まれている。さらに、生産性向上を実践した企業による成功事例の発表会や、DX講座の受講生による成功事例企業の見学など、企業同士の交流も活性化しつつある。

今後もコミュニティ活動から得られる企業ニーズを正確に捉え、地域産業で働く人々や学生の職業能力開発及び企業の課題解決推進に必要な教材を開発することで、地域産業の発展に貢献していきたい。

参考文献

- 1) 経済産業省、厚生労働省、文部科学省：2024年版ものづくり白書。
<https://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2024/index.html> (参照2025-2-4)
- 2) 職業能力開発総合大学校：令和6年度 職業訓練教材コンクール。
<https://www.tetras.uitec.jeed.go.jp/statistics/concours/24kyouzai/#b04> (参照2025-2-4)
- 3) OpenCV：<https://opencv.org/> (参照2025-2-4)
- 4) Modbus Organization：MODBUS APPLICATION PROTOCOL SPECIFICATION V1.1b.
https://modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf (参照2025-2-4)
- 5) Pandas：<https://pandas.pydata.org/> (参照2025-2-4)
- 6) Matplotlib：<https://matplotlib.org/> (参照2025-2-4)
- 7) InfluxData：Python client library.
<https://docs.influxdata.com/influxdb/cloud/api-guide/client-libraries/python/> (参照2025-2-4)
- 8) Grafana Labs：Grafana Pyroscope.
<https://grafana.com/docs/pyroscope/latest/> (参照2025-2-4)
- 9) Google：Google Drive API.
<https://developers.google.com/drive/api/v3/reference> (参照2025-2-4)
- 10) OpenAI：OpenAI API.
<https://openai.com/index/openai-api/> (参照2025-2-4)
- 11) X：X API.
<https://developer.x.com/en/docs/x-api> (参照2025-2-4)
- 12) LINE：Messaging API reference.
<https://developers.line.biz/en/reference/messaging-api/> (参照2025-2-4)
- 13) AWS：AWS Documentation.
<https://docs.aws.amazon.com/> (参照2025-2-4)