

# プロトタイピング IoT 環境の構築

青柳大志・高橋慶行\*・小和瀬登\*\*

Development of IoT prototype for small and medium-sized companies

AOYAGI Hiroshi, TAKAHASHI Yoshiyuki, KOWASE Noboru

主に製造プロセスを対象として、中小企業がデジタル技術を円滑に導入するためのプロトタイピング環境を構築した。本格的に導入する前にこの環境を活用することによって、導入に必要な知識やスキルを身に付けるだけでなく、運用と検証を通じて現場の生産性を真に改善する仕様を見出すことが期待できる。

キーワード：プロトタイプ、IoT、デジタル技術、生産性、センサ、エッジ、クラウド

To introduce digital technologies to small and medium-sized companies smoothly, we developed IoT prototype system, mainly for manufacturing processes. It provides not only knowledge and skills necessary for constructing production environment, but also encourages to substantiate its spec genuinely effective to improve manufacturing productivity.

Keywords : prototype, IoT, digital technology, productivity, sensor, edge, cloud

## 1 はじめに

デジタル技術の恩恵にはさまざまなものがあるが、ここでは以下の4つに大別して考える。

1. データの蓄積と探索
2. 再現性
3. 空間制約の緩和
4. 時間制約の緩和

例えば、手作業で紙媒体に製造記録を取っているとしよう。記録を取る行為をすべて、または一部自動化することにより手間や記入誤り、記入漏れ等を減らすことができる。記録をデジタルデータとして記録すれば、過去の記録をすぐに検索することができ、台帳をめくって探す手間を省くことができる(1)。数値データであれば集計も容易である。センサを使用して製造中のデータを継続して取得しておけば、工程における再現性と追跡情報を担保し、トラブル発生時には取引先に示すことができる。ケースによっては問題の原因が自社にはないことを証明し、追加負担を減らすことにつながる(2)。作業者ごとにデータを取得すれば技術共有や人材育成にも活用できる。さらに、データをWeb等により確認できるようにすれば、離れた事業所からスマートフォン等により稼働状況を把握することができる。状況を確認するために現場と往復しないので済むようになる(3)。夜間等の無

人運転時についても同様の利点が得られるのは明らかだろう(4)。過去のデータを蓄積しておけば「どのような製造条件のときに不良が発生しやすいか」等といった分析に活用することができる。品質不良の発生原因を突き止めることができれば、歩留まりの向上や競合他社に対する優位性、新技術に関するヒントが得られる可能性もある(1)。このように製造に関わるさまざまな場面でデジタル技術の恩恵が期待できる。

一方、現実にも目を向けるとデジタル技術の導入が進んでない実態がある。2021年度版中小企業白書のアンケート結果<sup>1)</sup>によれば、導入における問題は「アナログな文化・価値観の定着」「明確な目的・目標が定まっていない」「組織のITリテラシーが不足している」の3つが上位を占める。これは群馬産業技術センターで実際に支援している企業の実態にも概ね合致する結果である。「デジタル技術に関心があるが何かから手をつけられればいいのかわからない」「高いコストを払って導入してみたが当初期待した効果が得られない」「現場の負担を減らすものになっていないため、結局使われない」といった声が聞かれる。

このような問題を解決するために、デジタル技術を手軽に経験できるプロトタイプ環境があれば良いのではないかと考えた。本格導入に必要な知識やスキルを身に付け、現場で検証を行う過程を通じて自社のありたい姿を明確にするだけでなく、現場で真に役立つ仕様を具現化す

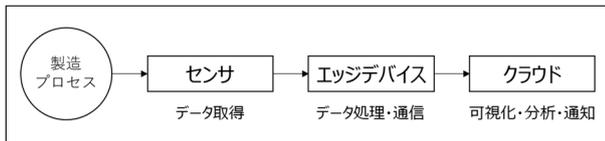


図1 プロトタイピング IoT 環境の基本構成

ることができる。社内文化については各企業で長い時間をかけて醸成されてきたものである。プロトタイプを導入をきっかけに、社風を見直す雰囲気を徐々に形成することができるかもしれない。このようなプロトタイプを本報告ではプロトタイピング IoT 環境と呼び、実際に企業等に適用したので報告する。

## 2 プロトタイピング IoT 環境の構築

### 2. 1 開発要件

プロトタイピング IoT 環境の構築に当たり次の4つの要件を設定した。

- コンセプト：シンプルかつ手軽であること

初めてデジタル技術を導入することを念頭に、手軽に手に取ることができ、システム全体や構成要素を把握しやすいことが求められる。

- 機能：汎用性と拡張性をもつこと

見かけには理解しやすいものであっても、さまざまな企業ニーズに対応できる汎用性が必要である。また、デジタル技術は発展が著しいため、先端技術を取り込める拡張性を兼ね備えていることが望ましい。

- リモート：リモート管理、閲覧および通知が可能なこと

1章でも述べたように時間や空間制約の緩和はデジタル技術の大きな恩恵であり、これを実現するリモート機能については必須である。

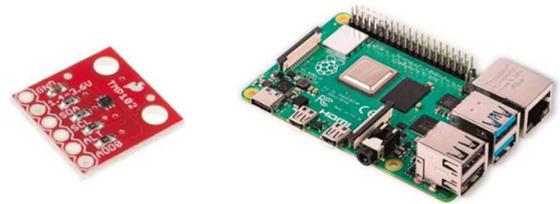
- コスト：5万円以下、高くとも10万円以下であること

プロトタイプの性質上、失敗と改善を繰り返して自社に合ったシステムを作り上げていくことを想定しており、安価にさまざまなことを試せる環境であることが望ましい。

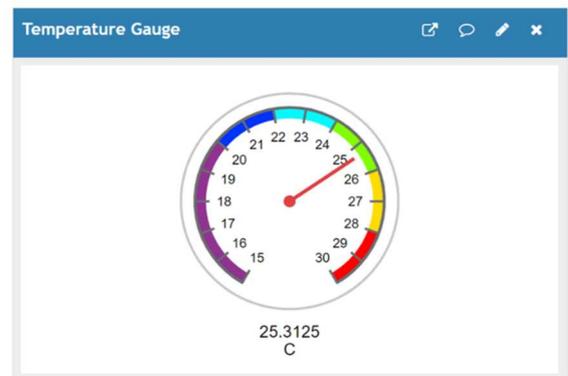
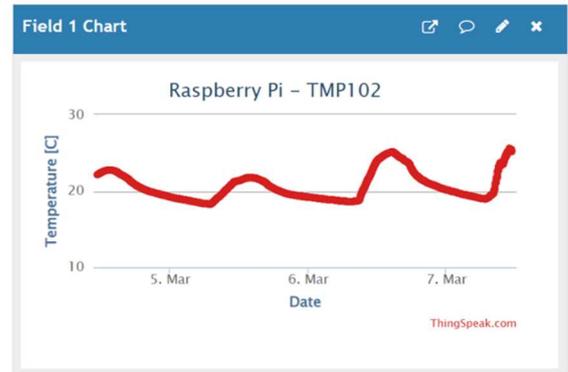
### 2. 2 基本構成

このような要件を考慮して決定したプロトタイピング IoT 環境（以下、システム）の基本構成を図1に示す。構成要素はセンサ、エッジデバイス、クラウドの3つである。

センサは製造プロセスからデータを取得する、システムの入口である。加速度、音、温度、圧力等さまざまな量を取得できるものがある。価



センサ：TMP102 エッジ：Raspberry Pi 4 Model B



クラウド：ThingSpeak

図2 システムの構成例

格は100円程度から数万円以上と機能によって幅が広い。後述のエッジデバイスへデータを渡す方法にもいろいろな方法（プロトコル）があり、目的に応じて選定する。

エッジデバイス（単にエッジとも言う）はセンサとクラウドをつなぐ中継役である。マイコンやPC、PLC等さまざまなものがある。一般的に、センサで取得したデータは一度エッジデバイスに渡された後、有線または無線通信（Wi-Fi等）によりクラウドに送信される。マイコンは1000円台から2万円程度で入手できるものが多く、近年では安価なものでも高度なデータ処理を行うことができるものも見られる。PLCは本格的なシステムで使用され、安価なものでも数万円以上である。エッジデバイスにはセンサとクラウドを接続するためのプログラムを書き込むことでデータ通信を機能させることができる。このプログラムを開発するための環境を開発環境と呼び、有償/無償で種々のものを利用することができる。無償のものではPythonやArduino IDE等がある。群馬産業技術センター

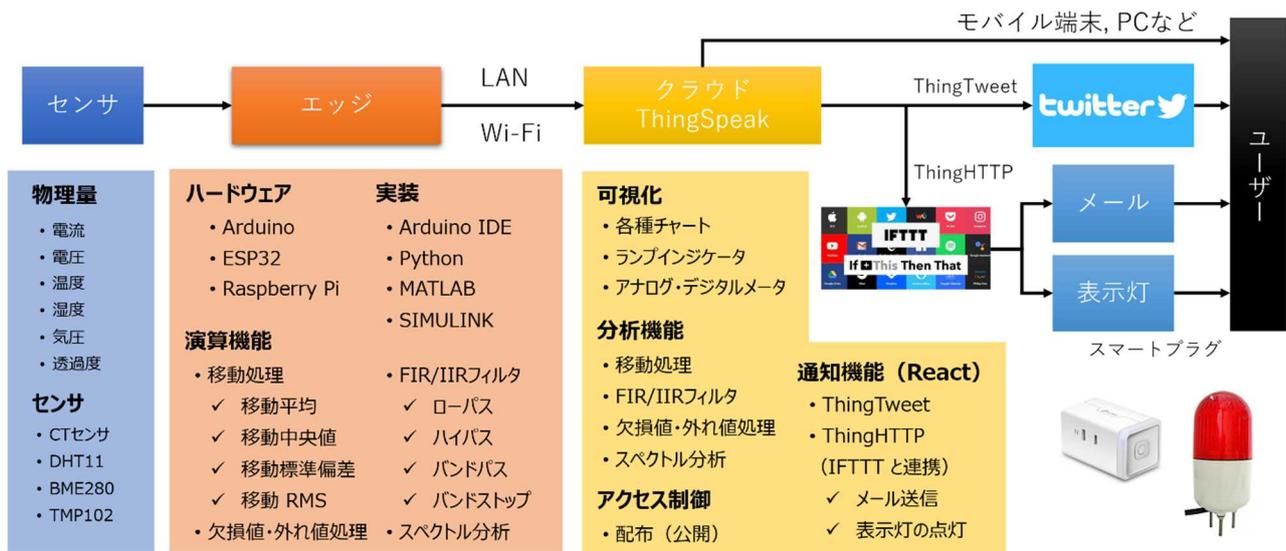


図3 システムの概要

ではこれらに加えて 2021 年度に導入した MATLAB/SIMULINK<sup>®1)</sup> を開発環境として利用している。

クラウドはリモートに関する機能を受け持つ。センサから得られたデータを人に見える形で可視化したり、データの値に応じて SNS 等により通知したりすることができる。他にも受け取ったデータの蓄積や、データの分析機能、他の Web サービスと連携する機能も備えることが一般的である。月額数百円程度からの有償利用のほか、非商用利用で無償のものもある。

### 2.3 システムの例

基本構成を元に実際に構築したシステムの一例を図2に示す。この例は工場内の環境温度を測定し、クラウド上で可視化することを想定したシンプルなシステムである。センサについてはデジタル温度センサ TMP102、エッジには主に学習用、産業用として広く使われる Raspberry Pi を使用した。クラウドは Mathworks 社が提供する Web サービスである ThingSpeak<sup>™ 2)</sup> を使用し、データを可視化した。クラウド上のページには URL が割り当てられるため、PC やスマートフォンで一般の Web ページにアクセスする要領で表示することができる。なお、ThingSpeak は非商用利用であれば無償で試すことができる (機能制限あり)。

例で示したシステムはセンサを変更することで異なるデータを監視するシステムへと容易に変更することができる。エッジデバイスについても Raspberry Pi ではなく他のエッジに変更することができる。市販されている高価なシステムや機器ではこれらの要素がパッケージされ、内部を見たり、取り替えたりすることが容易ではない。構成要素がわかりやすく、柔軟にトライ&エラーできる点が特徴である。

### 2.4 システムの概要

プロトタイプ IoT 環境の構築ではさらに、エッジデバイスとクラウド上でのソフトウェアによる処理に重点を置いた。概要を図3に示す。本報告ではデータ処理機能とクラウドによる通知機能について紹介する。

#### 2.4.1 データ処理機能

センサで取得したそのままのデータ (生データ) を可視化するだけで十分なこともあるが、現実的にはデータにノイズが載るため、真の情報が埋もれてしまうことが多い。このような場合には信号処理によりノイズを除去してから可視化することが望ましく、時には必須の処理になる。また、生データは意図したとおりに取得できないこともある。例えば通信の途絶により欠損が生じれば欠損値処理を行う必要がある。このような問題に対する処理を組み込む場所として、エッジまたはクラウドが考えられる。どちらを使うべきかは目的によるが、速い処理が求められる場合にはエッジ上で処理し、遅れが許容できる場合にはクラウド上で処理するという考え方が典型的と思われる。ThingSpeak 上では MATLAB によりこのような処理を実装できる。

#### 2.4.2 通知機能

クラウドにデータを送信し可視化できるのは便利であるが、閲覧する側はずっと閲覧しているわけにもいかない。すると現場の状態に応じて通知する機能が要求される。例えば機器の異常を検知して、自動的に通知されれば利便性が高まるだろう。

ThingSpeak にはいくつかの通知機能があるが、Twitter とメールおよび表示灯による方法

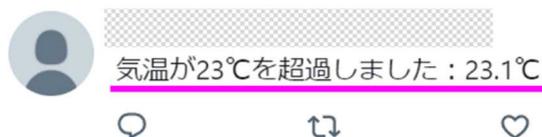


図4 Twitterによる通知例

を実装した。いずれの場合もまず対象となるデータを選択し、判定基準を設定する。例えば「温度センサ1の温度が25℃以上になったとき」といった設定を行う。次に、通知を行う手段を選択する。Twitterの場合にはThingSpeakに組み込まれているサービスを用いて指定したアカウントにツイートすることができる。図4に例を示す。このアカウントをフォローしておけば関係者の間で通知を共有することができる。メールや表示灯の場合も基本的な考え方は同様であるが、WebサービスのIFTTT<sup>3)</sup>によりThingSpeakとメールアプリやスマートプラグアプリを連携する点異なる。表示灯は現場作業員への警報として用いることを想定したものである。スマートプラグは約2,000円、表示灯は通信機能のないシンプルなものでもこちら約2,000円のものを使用した。

## 2.5 実践

群馬県の中小企業であるスバル工業<sup>4)</sup>(敬称略)では医療用金属部品の切削加工による製造を行っている。対象がドリルによる小径深穴加工であることに加え、高精度が求められる。中でも難易度の高い径φ1深さ20mmの部品において寒冷期に不良が増加する傾向が見られ、工場内環境温度により材料や製造設備が影響を受け、品質不良と関係している可能性が考えられた。そこで今回構築したプロトタイプIoT環境を適用した。システムは図2に類似した構成で、温度に加えて湿度等も計測可能なセンサ(BME280)を用いた。図5に設置したシステム及びクラウド上での可視化状況を示す。リアルタイムでクラウドによる可視化を行うだけでなく、時々刻々のデータをファイルに記録し、後で分析できるようPCに記録するようにした。数値的に状態を把握できる点で好評を得ている。今後はデータを蓄積し、データ分析により不良の要因を特定することを目指す。

## 3 まとめ

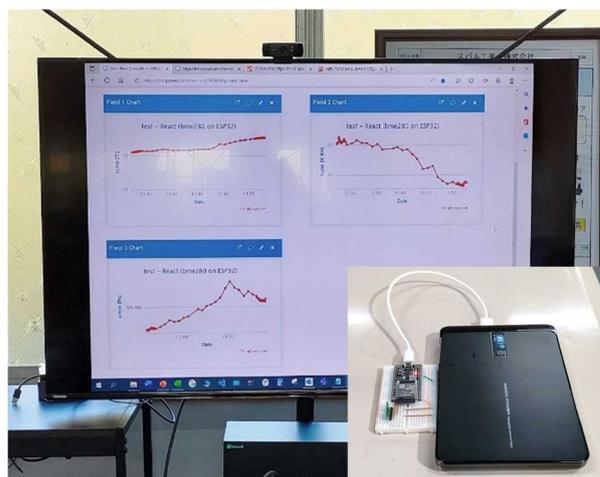


図5 スバル工業への適用

中小企業へのデジタル技術導入を支援するプロトタイプIoT環境を構築した。本研究で構築した環境は今後の土台として位置づけられるものであり、データ取得から可視化までの一連のデータ処理フローを確立することができた。実際の企業で運用を開始したところ、当初のねらいをある程度満足するものであった。また本文では触れなかったが、群馬産業技術センター内においても試験装置の稼働状況の監視等に取り入れており、業務の効率化に効果が出始めている。

プロトタイプの運用を通じて自社の目的を明確化し、どのようなセンサやエッジ、クラウドが適しているかを検討し、デジタル技術に関する知識やスキルを体得することができる。これは本格的に導入する際のシステム構成を判断する目を養うことに通じる。今後は企業を中心として現場への適用を増やしつつ、出てきた課題をフィードバックしていく方針である。企業の現場でデジタル技術導入の成果を感じてもらえるように継続的に進化させていきたいと考えている。

## 文献

- 1) 中小企業庁, 2021年度版中小企業白書, 図2-2-35, pp II-223 (2021)

## 参考文献

- 1) <https://jp.mathworks.com/>
- 2) <https://thingspeak.com/>
- 3) <https://ifttt.com/>
- 4) <https://subaru-industries.com/>