

原著論文

## 次世代エンジニアを育成するIoT学習教材の開発と実践

辻 明典\*・川上 博†

Practice and Development of the IoT Learning Text for Engineering Education  
Aimed at Next Generation

Akinori TSUJI, Hiroshi KAWAKAMI

キーワード：IoT, 教材開発, 技術者教育, 次世代エンジニア

### 要 旨

近年、急速に進行する少子高齢化による人口減少とそれに伴う労働力減少が懸念されている。このような社会課題に対して、IoT (Internet of Things), ビッグデータ, 人工知能等の新しい情報通信技術への期待が高まっている。本稿では次世代の新産業の創出を担うエンジニアの育成を目標としてIoTを課題とした学習教材の開発を行ったので報告する。開発した学習教材は、無線で局所的な気象観測が行える気象モニターの機能を提供し、IoTの実現に欠かせないセンシング, 通信, クラウドサービス等の技術要素を実機により習得できるものである。本学習教材を徳島大学大学開放実践センター2016年度公開講座において実際に使用して評価を行った。本稿では、IoT学習教材の開発の詳細について述べた後、公開講座の実施状況について述べる。最後に、受講者との意見交換により得られた成果と今後の課題について考察する。

### 1. はじめに

あらゆるモノをインターネットに接続するIoTが次世代の産業基盤として注目されている。IoTに関連するデバイスは、2013年時点で約153億個から2020年には約530億個に増大するとの予想があり今後の経済発展が期待されている<sup>[1]</sup>。IoTとはネットワークに接続された多種多様な機器から得られた情報を活用することで、新たな知識や価値、サービスの創出を目的とした枠組みである<sup>[2]</sup>。IoTによって、モノ、ヒト、サービス等が有機的にネットワーク接続され、対象から得られるデータの収集や分析等の処理が容易になり情報の積極的な活用が促進されるようになる。これにより、製造

\* 徳島大学大学院理工学研究部総合技術センター

† 徳島大学名誉教授

業、物流、医療、産業から農業に至る様々な分野において情報の利活用が活発化し、分野を超えて多角的・多面的なデータの収集・分析が可能となり、生産性の向上、製品やサービスの高効率化や省力化、自動化等、新たな価値や知識の発見に繋げられる。IoTの実現によって、これまで人が介在していた領域の多くはコンピュータで代替されるようになり、今まで以上に高度で付加価値の高い機能やサービスが提供されるようになる。他方で人材の育成面を見ると、このような専門領域に対応できる技術者が慢性的に不足している深刻な問題が起こっている。2016年の経済産業省の調査結果では、日本の現在のIT人材数は約90万人に対して不足数は約17万人と見積もられ、人材数が2019年をピークに減少に転じる一方、今後もIT需要は拡大し続けると予想している。今後、人材の不足数は2020年に約36.9万人、2030年に約78.9万に達するといわれている<sup>[3]</sup>。ICT社会基盤の継続性や持続的な経済発展のためには、新たな産業の創出を担う人材の育成は急務といえる。

こうした背景の下、次世代のエンジニアに求められるのは、IoTをはじめとしたビッグデータ、人工知能等の新しい情報通信技術を習得し、コンピュータを駆使して新たな課題に挑戦し、さらには様々な問題を自らの力で解決する能力を持つことが重要であると考えられる。本稿ではこのような次世代エンジニアの育成を目標として、IoTを課題とした学習教材の開発を行ったので報告する。

## 2. IoT 学習教材の開発

IoTの定義は、「物理的なモノ（物体）のインターネットであり、物体には、自らの状態や周辺状況を検知し、通信し、何かしらの作用を施す技術が埋め込まれている。」（米ガートナー社）<sup>[4]</sup>とされている。つまりIoTを考える上では具体的なシステムの設計や製造の方法が規定されておらず、現時点では概念的な枠組み（フレームワーク）が与えられるのみである。そこで教材開発では、IoTの実装に必要な要素技術の抽出を行った後、それら要素技術を実装できる必要最小限のシステムとして「気象モニター」を完成させることを目標に設定した。

### 2.1 必要な要素技術の抽出

IoTの実現に必要な技術には、モノに取り付けたセンサを用いる“センシング技術”，センシングしたデータをネットワーク接続して通信を行う“通信技術”，収集したデータを蓄積・可視化・解析する“クラウドサービス”がある。これらの3つの要素技術を加味した上でIoTの枠組みの具体化を行う。今回は各々の要素技術がバランスよく含まれる応用（アプリケーション）として「気象モニター」を題材とした教材開発を行った。教材の開発過程にはプロトタイプング手法<sup>[5]</sup>を導入し、IoTの基本機能を実装したプロトタイプによる検証も同時に試みた。一方で、IoTを理解するには広範囲の技術を身につける必要があるが、講義や演習・実験の限られた時間内に効率よく学習する必要がある。そのため、すべての項目を網羅的に教材に盛り込まず、IoT全体の仕組みの理解に重点を置き、細部については各々の専門にゆだねることにした。ただし、IoTの要素技術の習得には対象となる「モノ」、「センサ」、「プロセッサ」、「通信」、及び「情報処理」に関する知識が

不可欠である。そこで、これらの要素を教材に含めることとして検討を行った。その結果、IoTの対象となる「モノ」は受講者の身近にあるモノを前提とし、直感的にイメージがしやすい気象情報を取り扱うこととした。気象情報は天気予報やニュース等でも知ることができるが、気象モニターを自作することで局所的な気象情報を個人でリアルタイムに収集できる利点がある。「センサ」には気象観測が行えるよう、温度・湿度・大気圧を計測するセンサ、日照を計測する照度センサ、及び磁気リードスイッチと呼ばれるドアの開閉を検出するセンサを用意した。「プロセッサ」には、単3電池2本で低消費電力動作する ARM プロセッサ TWE-LITE<sup>[6]</sup>を選定し、プログラム用に Arduino 互換のマイコン<sup>[7]</sup>を選定した。「通信」には、気象モニターを持ち運び自由に設置できるようにするため ZigBee 無線通信を搭載した。気象モニターで取得した情報は、クラウドサービス上で処理してリアルタイムでデータを可視化・表示が行える機能を実装し、携帯端末やパソコンなどからインターネット経由で管理できるようにした。

## 2. 2 開発した気象モニター

図1に開発したIoT学習教材の気象モニターの外観を示す。開発したIoTに対応した気象モニターは、プログラムの書き換えが可能な無線親機（図1(a)）とセンシングが可能な無線子機（図1(b)）より構成される。図2に気象モニターを配置したシステムの全体構成を示す。システム全体を大きく分けると、センシング、ZigBee 無線通信、クラウドサービス、モバイルサービスに分けられる。次にシステム全体の動作を説明する。気象計測を無線子機が行い、センシングした温度、湿度、大気圧、照度等の気象情報

を親機に ZigBee 無線経由で送信する（無線子機は複数台に増設することも可能）。無線親機は、子機からのセンサ情報を受信してシリアル通信でサーバに転送するゲートウェイとしての役割を担う。親機にはプログラム可能な Arduino 互換マイコンが搭載されており、ここでセンサ情報の整形（フォーマット変換）やセンシングした時刻の情報を付加できる。無線子機にてセンシングした気象情報はすべてクラウドサーバに集約される。クラウドサーバ上には、MQTT (Message Queue Telemetry Transport)<sup>[8]</sup> (TCP /

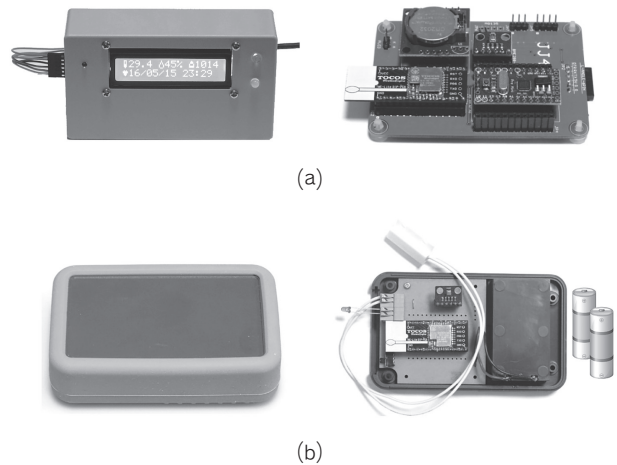


図1 開発した IoT 学習教材「気象モニター」

(a) 無線親機 (LCD とステータス LED を備え、リアルタイムクロックによりセンシングした時刻を付加でき、サーバとシリアル通信により接続できる。)

(b) 無線子機 (温度・湿度・大気圧センサ、照度センサ、磁気リードスイッチのセンシング機能を備え、防水ケースに収納できる。)

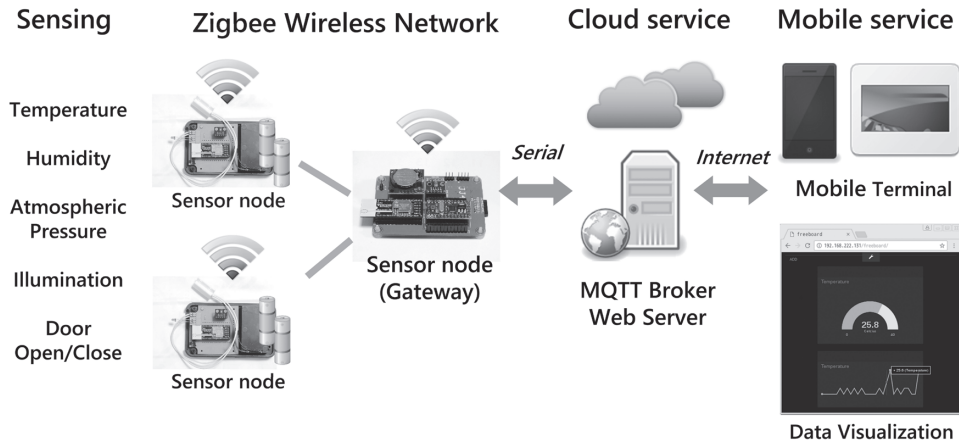


図2 開発したIoT学習教材のシステム構成

IPによるPublisher / Subscriber型データ配信モデルの軽量なメッセージキュープロトコル)と  
呼ばれる仲介サーバが起動しており、子機からのセンサ情報をリアルタイムで受信し、要求のある  
クライアント(携帯端末やパソコン)に対して情報を提供する。それと同時に、クラウドサーバ上  
にはFreeboardと呼ばれるデータ可視化用サービス<sup>[9]</sup>が起動しており、受信したセンサ情報をも  
とにデータを数値、ゲージやグラフ等でブラウザ上にリアルタイムで描画できる。ブラウザさえあ  
れば世界中の何処からでも設置したセンサの情報にアクセスでき、さらにはデータの蓄積によりセ  
ンサ情報を用いて解析も可能となる。IoT学習教材では、以上のシステムの流れに沿って演習や実  
験が行えるよう実施内容等を検討した。

### 3. 公開講座におけるIoT学習教材を用いた実践

2016年度大学開放実践センター公開講座の春夏・秋冬講座において、開発したIoT学習教材を  
導入した講座を「気象モニターをつくろうー誰でもできるプロトタイピングー」と題して実施した。  
本講座は筆者らが2012年より開講している一般の方を対象とした公開講座で、マイクロコントロー  
ラを用いたプロトタイプ(試作品)を教材として利用する実践的な内容の講座である<sup>[10][11]</sup>。今回  
の講座の目的は、マイコンやプログラミング未経験の人や専門家ではない人でも参加でき、受講者  
自らがIoT学習教材を使用して、センサの基本原理、マイコンによるセンシング、有線・無線通信、  
クラウドサービス、並びにプログラミングを習得することである。ここでは、IoT学習教材を導入  
した講座の実践結果、並びに受講者との意見交換により得られた成果の確認と今後の課題について  
考察する。

#### 3.1 実施内容

IoT学習教材を導入した公開講座を、春夏6回、秋冬6回、計12回開講した。受講者数は春夏11名、  
秋冬8名、受講者の半数はマイコンや開発に関する予備知識のない未経験者の方、残り半数は過去

に講座を受講して基礎的な知識がある方の参加があった。表1に春夏講座、表2に秋冬講座のカリキュラムとIoTに関連する技術との対応をそれぞれ挙げる。開発した気象モニターは、春夏講座に無線親機、秋冬講座に無線子機を提供し、講座を通年で受けることでIoT対応の気象モニターが完成するよう実施した。春夏講座（基礎編）は、マイコンの開発・プログラミングに慣れること、センサの仕組みを知ること为目标とした。基礎編では、まずArduinoプログラムの書き方、プログラムの記述方法（変数や構文等）、ブレッドボードを用いた電子回路の基礎（LEDやセンサ回路）について演習を行った。その後、気象モニターの親機を用いて、LEDやLCD（液晶表示）の制御方法、センサの原理、センシングの基礎、並びにシリアル通信によるセンサ情報の確認方法を行った。秋冬講座（発展編）は、気象モニターを実際に設置して活用できることを目標として実施した。発展編では、気象モニターの子機を用いて、センサの信号処理の基礎、Processingを用いたデータ可視化手法（ゲージ、グラフ表現）、ZigBee無線通信によるセンシングを行った後、クラウドサービスの実装（MQTTサーバへの接続）、Freeboardサービスを用いたデータ可視化方法について演習した。特に、信号処理では、温度や湿度等から気象観測に必要な、毎時の気温、日平均気温、日最高気温、日最低気温をはじめとした、天気予報で使用される用語をプログラムでどのように実装するかの演習を行った。最後に、無線親機、子機をZigBee無線通信により接続して、センシングによって得られた情報を基にクラウドサーバ上にリアルタイムでグラフ表示を行い、気象モニターを完成させた。

表1 平成28年度公開講座（春・夏）気象モニターをつくろう（基礎編）

回数	日にち	内 容	IoTに関連する技術
1	5月21日	講座概要・開発環境構築	マイコン開発環境構築
2	5月28日	初めてのスケッチ（プログラム）	プログラミング基礎
3	6月4日	照度センサとシリアルモニターを使う	センサ基礎、有線通信基礎
4	6月11日	フルカラーLEDを使う	LED基礎
5	6月18日	温湿度・大気圧センサとLCD	センサ応用
6	6月25日	センサ情報のLEDによる可視化	センサ・LED応用

表2 平成28年度公開講座（秋・冬）気象モニターをつくろう（発展編）

回数	日にち	内 容	IoTに関連する技術
7	10月1日	講座概要・IoTについて	IoT基礎知識
8	10月8日	センサデータの実測と加工	信号処理基礎
9	10月15日	Processingでセンサ入力の表示	データ可視化基礎
10	10月22日	Processingでシリアル通信	データ可視化応用、有線通信応用
11	11月5日	気象モニタの活用（センシング）	信号処理応用、無線通信応用
12	11月12日	気象モニタの活用（クラウド）	クラウド基礎、データ可視化応用

### 3.2 実践結果と評価

本講座では、プロトタイプング手法の考え方にに基づき①試作品の設計・製作、②受講者による試用・評価、③受講者からの要求を取り入れて春夏講座・秋冬講座毎に内容の改善を図った。IoT学習教材の導入にあたり、受講者が自ら製作でき、自身で開発やプログラムの取り組みができるよう講座内容に配慮した。特にプログラミングについては、全回でサンプルプログラムを提供し、それを基に他のプログラムにも応用できるように課題等を準備した。本講座の評価は、受講者に講座内容に関するアンケートを実施すると共に、講座内で内容に関する議論の時間を設け、受講者からの意見や要望を聞くことにより行った。

#### (a) 受講動機

講座の受講動機として「昨年度も受講していた」「シラバスを見て受講したいと思った」「気象に興味があった」「インターネットで（本講座の）講義教材を見た」が挙げられた。昨年度より続けて受講した方の多くは、継続して学習したい、（マイコンに）興味を持ったという前向きな姿勢が見られた。はじめて受講した方はインターネット検索から教材やシラバスを見ており講座で使用した教材を公開したことが受講の動機に繋がっていた。

#### (b) 講座内容

講座内容に関してはほとんどの受講者より「楽しく勉強できた」「もう少し勉強したい」「本を買って勉強したい」「予習復習をしたい」との感想を頂いた。本講座を受講したことがきっかけで継続して学習したいとの強い意欲が表れていた。また、「実際にモノを動かせるのが良い」「センサやLED等の仕組みがわかりやすかった」「気象に興味を持っていたので良かった」「センサの仕組みや（計測結果を）グラフで簡単に作成できることがわかって良かった」「温度の平均なプログラム具体的な方法がわかって良かった」との回答も多くあり、実際に動作する気象モニターを使用したことにより、受講者の興味や関心を引き出し、学習に対する理解や意欲を促進する結果が得られた。さらに、「（講座を受けて）何ができるかわかった」「（自分の事業で）やりたいことができそうで良かった」との意見もあり、講座内容を把握して今後の取り組みに繋がれるとの自信が見られた。開発したIoT学習教材のコンセプトとして全体的な仕組みの理解を掲げていたが、受講者からの意見を集約すると概ね達成できており、さらに自発的な学習を促進する効果が見られた。

#### (c) 今後の課題

講義の進め方について「講座の時間中説明だけでなく自分でプログラムする時間がほしい」「講義のスピードが速い」「資料を早く配付してほしい」「春夏・秋冬以外に継続して学習できる機会を準備してほしい」との要望があった。これらは講座で実施する内容に対して、演習時間が不足していることが原因である。講義が始まる前にサンプルプログラムや資料を準備しているが、受講生にはさらに早く講義資料を公開することで改善が図れると考える。プログラムについて、「プログラムの初歩の講座をして欲しい」「はじめての人にとってはプログラムが難しい」「プログラムの勉強がしたい」との意見も多数寄せられた。プログラムに興味があるものの、実際に自分でプログラム

を作成するには、今回のような応用や製作ではなくプログラム自体の習得が必要になる。講座では全体的な仕組みを理解することを目標としていたので、プログラムの補足として一般に販売されている教材や参考となるテキスト等を紹介することで解決の見込みがあるのではないかと考える。

#### 4. まとめ

本稿では、次世代エンジニアの育成を目標として、気象モニターを題材とした IoT 学習教材の開発を行った。開発した気象モニターは、局所的な気象情報を個人で設置・計測でき、携帯端末やパソコンなどからいつでも状態を確認できる仕様とした。公開講座に IoT 学習教材を導入して評価を行った結果、気象モニターという具体的な事例を取り上げることで初学者の人でも容易に IoT の概念を理解でき、興味や関心を引き出せることが確認できた。さらには、実際に動作する気象モニターを教材に用いることで、自身で何かを習得してみたいという自発的な学習意欲の向上が見られ、プロトタイプを用いた教育が有効に働いていることが示唆された。開発した IoT 学習教材は、計測対象に応じて柔軟にシステム構成を変更できるため、気象モニターに限らず様々な分野への応用や展開が期待できる。今後の課題としては、開発した教材に適したテキストや補足資料等のコンテンツを充実させて、受講者の自習学習を支援する教材の開発も必要であると考ええる。

#### 参考文献

- (1) 総務省 (2016), 平成 28 年度版情報通信白書, IoT 時代における ICT 産業動向分析, pp. 80 - 84.
- (2) John A. Stankovic, "Research Directions for the Internet of Things," IEEE Internet of Things Journal, Vol. 1, Issue 1, pp. 3-9 (2014).
- (3) 経済産業省 (2016), IT 人材の最新動向と将来推計に関する調査結果, pp. 1 - 35.
- (4) Gartner, <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>
- (5) Brooks, F.P., Jr., "No Silver Bullet: Essence and Accidents of Software Engineering", Computer, Vol.20, No.4, pp. 10-19 (1987).
- (6) TWE-LITE, <http://mono-wireless.com/jp/products/TWE-Lite-DIP/>
- (7) Arduino, <http://www.arduino.cc/>
- (8) MQTT V3.1 Protocol Specification, <http://mqtt.org/>
- (9) Freeboard, <http://freeboard.io/>
- (10) 辻 明典, 川上 博 (2016), "公開講座におけるプロトタイピング手法を用いた体験型教育の実践", 平成 27 年度 FD 推進プログラム大学教育カンファレンス in 徳島発表抄録集, pp. 64 - 65.
- (11) 辻 明典, 川上 博 (2016), "プロトタイピング手法を導入した実践的な技術教育とその成果", 徳島大学大学開放実践センター紀要第 25 巻, pp. 55 - 63.

## Abstract

Recently a population decline is being concerned caused by low birthrate and longevity leads to decrease in a labor force. The state-of-the-art technology such as IoT (Internet of Things) , Big data analysis, and Artificial Intelligence (AI) is increasing expected to overcome these social issues. In this report, we have developed the IoT learning text for engineering education aimed at new generation. Our IoT learning materials provide the functions of weather monitor to measure local weather conditions by using a wireless communication, which include the essential technical elements of the sensing, internet communication, and cloud service. We have practiced and evaluated of our developed learning text in the extension course of the Center for University Extension of the Tokushima University in 2016. We introduced the development of IoT learning text in detail and described the status of implementation for the extension course. From the questionnaire and discussions in the class, we considered the results after using our learning text.