分野別 IoT 教育カリキュラムの提案

Proposal of Education Curriculum by Field in IoT System

小 泉 寿 男^{※1}
Hisato KOIZUMI

井 上 雅 裕^{※2}
Masahiro INOUE

大 江 信 宏^{※3}
Nobuhiro OHE

秋 山 康 智^{※3}
Koji AKIYAMA

市 村 洋^{※4}
Hiroshi ICHIMURA

清 尾 克 彦^{※5}
Katsuhiko SEO

Application fields of IoT systems are expanding and becoming infrastructure of information society. Therefore, development of human resources to build the IoT system and to develop the application system, and also to take advantage of the application system is expected. For human resource development, it is important to build a prototype system to deepen the understanding of IoT. In this paper, we propose a prototype construction method that can be constructed by students of engineering, agricultural, and literary departments in addition to the department of information system. Furthermore, we propose to realize the IoT education curriculum in each department by using this construction method.

Keywords : IoT, Prototype System, Education, Curriculum

キーワード : IoT, プロトタイプシステム, 教育, カリキュラム

1. はじめに

IoT (Internet of Things) の進展はめざましく、製造業、サービス業、農業や公共機関に適用されつつあり、今後の社会インフラの基盤の1つになっていくことが予想される^{1)~4)}。そのため、IoT人材には、IoTを理解し、自分の分野に応じた応用システムを創出することが必要とされ、その人材教育が重要となる。

IoTシステムは、センサ、ネットワーク、情報処理技術などから構成される技術であるため、技術分野としては、情報系に属するが、比較的容易に構築が出来るプロトタイプシステム構築方法があれば、情報系以外の工学系、農学系、または文系の分野の学生もプロトタイプ構築の可能性がある。さらに、構築作業によってIoTシステムの特質を知り、それが基点となってシステムのサービスについてのアイデアが創出される可能性がある。アイデアの創出は自らの専門分野に依存する場合が多いため、IoTシステムのアイデアに関しては、理工系以外の文系等の学生の視点からも、ユニークなアイデアの創出を期待できる可能性があると考えられる。

以上のようなことから、IoTシステムの理解を深めるには、プロトタイプシステムを構築することが重要である。

本論説では、情報系以外の工学系、農学系、文系の各分野の学生もIoTプロトタイプを構築可能な手法を提案する。この手法の骨子は、IoTを構成する要素をデバイス技術、システム技術、応用技術に分け、構築ではそれぞれの技術をさらに3段階に分ける。各分野の学生は、自分の専門性に応じた段階区分を使って構築をする手法である。学生は、プロトタイプの構築によって、IoTの特性を理解し、自分の専門に対応した応用のアイデアを創出することが可能になる。

さらに本論説では、この構築法を取り入れ、基本技術の解説、プロトタイプ構築、およびアイデア創出から構成するカリキュラムを提案する。カリキュラムの構成では、デバイス技術、システム技術、応用技術を通して学習する形態と、それぞれの技術について基本技術の解説とプロトタイプ構築をセットにしたモジュールとして学習する形態の2種類を採用している。後者の場合は、既存の科目の中に取り入れられる可能性を期待している。

筆者らは、本提案の内容の一部を、情報系、文系に適用し、プロトタイプ構築の実現性やアイデア創出の可能性を見出した。さらに、現在、工学系、農学系の教員とIoT教育とカリキュラムの意見交換を実施しており、この過程でカリキュラムの可能性を見出しつつある。IoTが情報系、工学系、農学系、文系の多くの分野で教育され、学生が専門性に対応した応用の見識をもつことは有意義と考える。工学系は、電気、機械、建築、化学と分野が広いが、本論説では、電気、機械を対象にして論じる。IoTを活用できる分野は幅広く、他の対象分野も想定されるが、本論説では上記の分野をカバーすることで、他の対象分野の学生に対する教育においても

2017年9月6日受付

※1 東京電機大学理工学部

※2 芝浦工業大学システム理工学部

※3 NPO 法人 M2M・IoT 研究会

※4 東京工業高等専門学校

※5 サイバー大学 IT 総合学部

参考になると考える。

本論説では、2章で関連研究を述べ、3章でプロトタイプ構築に基づくIoT教育方法を提案し、4章で各分野のカリキュラムの提案を行う。5章で本提案を各分野へ展開していく策について論じる。

2. 関連研究

2.1 関連研究とIoTプロトタイプシステム

IoT技術開発や解説に関しては、多くの研究が報告され、書籍も発行されている^{5)~8)}が、IoT技術教育に関する報告例は少ない。また、文科省が推進する「成長分野を支える情報技術人材の育成拠点の形成(enPiT)⁹⁾」では、多くの成果が報告されているが、情報系以外の工学系、農学系、文系を含めたカリキュラムの提言には触れていない。

IoTは、インターネットの応用の1つとして説明され、プロトタイプを構築する教育はほとんど無かった。情報系の学生が、IoTを構成する主要技術であるセンサ技術、ネットワーク技術、情報処理技術など複数の技術を修得しなければならないため、構築は容易ではない。アイデアがあっても、IoTプロトタイプの構築には至らず、アイデア倒れになることが多い。特に情報系以外の理工系学生や文系の学生には、アイデアがあってもIoTプロトタイプの構築はかなり困難である。

筆者らは、IoTプロトタイプシステム構築によるものづくり教育システムを提案し、教育現場で実践した。これにより、構築手順を明確にしたIoTプロトタイプシステムの構築であれば、比較的容易に構築ができ、IoTの知識が得られることを示した¹⁰⁾。また、文系の学生に対して、IoTプロトタイプシステムの構築によるものづくりの体験と、その体験からのアイデア創出を狙いとする教育を実践した¹¹⁾。この教育では、プロトタイプ構築の手順書を、情報技術の一般的内容にとどめた内容にして、構築の実習を行った。実習を段階的に分け、学生がどの部分を構築しているかを明確に理解すると共に、実習に躓いた際、前段階までは正しいことが保証されるため、誤った箇所を特定しやすい利点があった。文系の学生は、IoTシステムの構成要素を結合して組み立てることで、システムを動かすことを実体験し、その実体験の中から、アイデアを創出する目的を達成できた。また、さらに筆者らは、IoT教育の一環として、大学、高専の情報系学生を対象にしたセミナーを開催し、学生の発表会を行ってきた¹²⁾。

以上3つの経験から、筆者らは、次項のような所見を得た。

- 情報系学生のプロトタイプ構築は、構築手法を学ぶことにより可能である。
- 文系の学生も簡易な構築方法を学ぶことによりプロトタイプ構築ができ、自分の専門に対応した応用に関するアイデア創出も可能である。
- 工学系、農学系も専門に応じたデバイスの活用とセンサからのデータ処理を学習することにより、プロトタイプ構築ができる可能性がある。

図1 IoTシステムの概要

2.2 IoTプロトタイプ構築の意義

実用されているIoTシステムの典型的な構成を図1に示す。図において、IoTシステムは、機械・機器、設備、備品などの「もの」のセンサデータを収集し、人手を介さずにインターネットに接続し、様々なサービスを提供する技術であり、工業、農業、施設産業、交通、流通、医療、福祉、教育など多くの応用分野で活用されつつある。

IoTは、センサ技術、アクチュエータ技術、インターネット技術、情報処理技術を融合したシステム技術である。このようなIoTシステムを理解し、構築するには情報技術に関するかなりの能力と経験が要求される。しかしながら、IoTシステムの各構成要素を簡略化して、組み立てるプロトタイプならば、情報系以外の学生でも構築の可能性があると考えられる。このプロトタイプは、IoT構成要素に関する詳細な専門知識が無い学生でも、その組み合わせを考慮することによりIoTプロトタイプシステムを構築することができる。

図2に筆者らが試作し、教育に活用しているIoTプロトタイプシステム構成を示す。アクチュエータとセンサ、およびそれらを制御するデバイスコントローラで構成されるIoTデバイス、IoTデバイスから情報を受け、クラウドに送信するIoTゲートウェイ、受信したデータを処理し、適切なフィードバックを返すクラウド/サーバで構成される。

応用分野の事例の拡大に対しては、各分野の特徴に関連したアイデアの創出が重要である。プロトタイプシステムを構築することによってIoTシステム全体を理解し、さらにシステムのサービスについてのアイデアが

図2 プロトタイプ構成図

創出される可能性がある。創出されたアイデアは、自らの専門分野に依存する場合が多いため、各分野から様々なユニークなアイデアの創出を期待できる。

IoTシステムに関し、情報系、工学系、農学系、文系の学生には、一般的に次項の傾向があると言える。情報系の学生は、IoTシステムの構成技術全般に通じており、特にシステム技術、応用分野のソフトウェア作成には、知識を持っており、理解力も深いと言える。一方、デバイス、応用システムに関する知識は限定される。工学系・農学系の学生は、デバイス技術と応用システムには専門領域の知識を持っている。文系の学生は、特定の応用分野については、豊富なアイデアを持っている。

3. IoT教育方式

3.1 概要

本章では、プロトタイプ構築をベースとしたIoT教育方式について提案する。本教育方式は、①講義、②構築実習（以下、構築と称す）、および③アイデア創出の3つで構成される。各教育構成要素の概要を以下に示す。

①講義：IoTの機能と仕組み、および応用に関する基礎知識の理解。

IoTのシステム構成や、構成要素の機能、それらを組み合わせて1つのサービスを提供するデータの流れ等、IoTの基本技術について理解させる。

②構築：理解を深めるために、「IoTプロトタイプ構築法」を活用した、プロトタイプの構築によるシステムの理解。

①で学んだシステムを、実際に構築し、動作させることにより、IoTのしくみを理解する。

③アイデア創出：各専門分野の課題やニーズを解決するIoTシステム

②の実習の後、自分の専門分野における課題やニーズに対し、IoTシステムを適用して解決策となるアイデアを創出し、発表・議論を実施する。

3.2 IoTプロトタイプ構築法

(1) 基本構成

IoTプロトタイプ基本構成を図3に示す。図において、IoTプロトタイプシステム構築技術として、デバイス技術、システム技術、応用技術の3つに分ける。デバイス技術は、センサ、アクチュエータ、およびそれらの制御を行うIoTデバイス上の技術である。システム技術は、IoTデバイスからのセンサ情報を受け取って、クラウド上で情報処理の結果を判断し、アクチュエータ制御命令

をIoTデバイスに送るシステム技術である。応用技術は、各分野の課題やニーズに対し、IoTの応用を創出する技術である。IoTプロトタイプの構成要素としては、IoTデバイス、ゲートウェイ、およびクラウド/サーバとそれらを接続するエリアネットワークとインターネットのネットワークで構成される。IoTデバイスは、センサとアクチュエータで構成し、デバイスコントローラとしてオープンハードウェアであるArduinoやRaspberry Pi等を使用する。アクチュエータは、その動作を容易に確認できるLED、ブザー、モータ等を使用する。センサは、扱い易い温度、湿度、大気圧センサを使用する。センサネットワークは、無線ネットワークとしてZigBeeやBluetooth等を使用する。IoTゲートウェイは、IoTデバイス側ネットワークとクラウドネットワーク側のゲートウェイとして機能できるPCまたはRaspberry Pi等を使用する。クラウドサービスとしては、Amazon Web Services¹³⁾やMicrosoft Azure¹⁴⁾等の商用クラウドサービスや、ある範囲では無料でも使えるAT&T M2X¹⁵⁾等を使用する。

(2) 分野別構築のための3段階化

本IoT教育方式では、対象学生の分野として、情報系、工学系、農学系、文系の4つに分ける。

- ・情報系は、IoTの基盤技術であり、デバイス技術、システム技術、応用技術ともに学習の範囲だが、デバイス技術は、その構造までは深く学ばない。一方、システム技術については情報通信やクラウド技術に強い。応用技術は情報システム応用が主となるが、ソフトウェア力を生かしたプログラム作成に強みがある。
- ・工学系は、電気、機械系を専門とする学生の場合、デバイス技術に強みがあり、一般にセンサやアクチュエータに強い。そして、その応用分野に関心と知識が深い。
- ・農学系は、農業機械などの分野では、工学系と同様、デバイス技術に強みがある。農産物分野では、その専門的な応用面の関心と知識が深い。
- ・文系は、IoT関連の技術経験は少ないが、IoTを知ることによる文系ならではの専門分野の応用技術の発想が期待できる。

以上の各分野の特質を勘案し、プロトタイプ構築におけるデバイス技術、システム技術、応用技術を、インタフェース（Interface：以下、IFと略称する）、機能、構造の3段階に分ける。

- ・IFについては、要素の中身の機能の概略と使い方を知り、機能の詳細や構造・仕組みには触れず、要素間の

図3 IoTプロトタイプ基本構成と構築技術

段階	デバイス技術		システム技術			応用技術
	デバイス	エリネットワーク (エリア NW)	ゲートウェイ (GW)	インターネット	クラウド	APP システム 仕様
I/F	センサ, アクチュエータ, マイコンの基本的な使い方	利用するための設定ができる	操作ができ, プログラムの実行ができる	利用するための設定ができる	設定や変更ができ, 操作ができる	課題やニーズが理解できる
機能	センサ, アクチュエータの選択やマイコンのプログラムが理解でき, 修正できる	エリネットワークの種類がわかる	プログラムがある程度理解でき, 修正ができる	プロトコルが理解できる	クラウドサービスプログラムがある程度理解でき, 修正ができる	課題やニーズのIoTによるアイデアが考えられる
構造	センサ, アクチュエータの特性を知っており, マイコンプログラムが開発できる	利用環境に適したセンサネットワークが構築できる	プログラムの開発ができる	プロトコル設計が出来, 双方向通信プログラムが書ける	クラウドサービスを活用してプログラムの開発ができる	課題やニーズのIoTによる解決方法が提示できる

図4 IoT技術の分類と段階の定義

表1 IoTの分野別取得技術内容

分野	技術分野	デバイス	システム		応用	
	段階	・センサ ・アクチュエータ ・コントローラ	エリネットワーク, ゲートウェイ, インターネット	クラウド	システム仕様	ソフトウェア作成
情報系	I/F	↓	↓	↓	↓	↓
	機能	○	↓	↓	○	↓
	構造	—	○	○	—	○
工学 (機械, 電気)	I/F	↓	↓	↓	↓	↓
	機能	↓	○	○	↓	△
	構造	○	—	—	○	—
農学	I/F	↓	↓	↓	↓	○
	機能	↓	○	○	↓	△
	構造	○	—	—	○	—
文系	I/F	○	○	○	↓	△
	機能	—	—	—	↓	—
	構造	—	—	—	○	—

接続の知識を使う。

- 機能については, IFに加えて要素の機能の詳細を知る。
- 構造については, IF, 機能に加えて構造や実装法, 仕組みについて知る。

IF, 機能, 構造のそれぞれの知るべき具体的な内容は, 構築手順に明記されている。

この3段階と要素技術との関係を図4に示す。情報系, 工学系, 農学系, 文系の学生は, 図3に示したと同様に図4中のデバイス, システム, 応用の各技術に対し, IF, 機能, 構造の段階のいずれかを選んで組合せ, プロトタイプ構築を行う。情報・工学・農学・文系の4つの分野と, デバイス, システム, 応用の技術分野と, IF, 機能, 構造の3つの段階との関係を, 表1に示す。表中の○は選ぶもの, —は選ばないもの, △はソフトウェアの判断を要するものを示すもの, ↓は矢印の向きの段階に含まれることを示す。表中の応用のソフトウェアについては, IFでは既存のソフトの使用を, 機能では既存ソフトの一部変更を, 構造では新たなソフトの作成を行う。例えば情報系は, デバイスでは機能までを, システムでは構造までを, 応用では機能までを, 応用のソフトウェア作成では新たなソフト開発までを行う。

3.3 カリキュラムにおける講義とプロトタイプ構築の構成

前節で提案したプロトタイプ構築手法をもとに, カリキュラムを検討する。カリキュラムの検討にあたっては, 通常の科目のように講義と構築を合わせて16コマから構成する基本型と技術要素の単位で必要なコマで構成するモジュール型を考える。

(1) 基本型

図5に講義, 構築実習の基本型を記す。講義(L)を概要からアイデア創出の8つに, 構築実習(C)をデバイス1からクラウドアプリの8つの授業ユニットに分け, 構

<講義: L>

内容	L1 概要	L2 デバイス 技術/物理 入門	L3 エリ ネットワーク-1	L4 エリ ネットワーク-2	L5 GW	L6 クラウド	L7 アプリ	L8 アイ ディア
----	----------	---------------------------	----------------------	----------------------	----------	------------	-----------	-----------------

<構築: C>

内容	C1 デバイス 1	C2 デバイス 2	C3 組み 込み S/W 1	C4 組み 込み S/W 2	C5 エリ ネットワーク	C6 GW 設定	C7 クラウド 設定	C8 クラウド アプリ
----	-----------------	-----------------	----------------------------	----------------------------	--------------------	----------------	------------------	-------------------

注) NW: ネットワーク GW:ゲートウェイ SW:ソフトウェア

図5 講義, 構築実習の基本型

表2 講義の基本型

講義 (L)	内 容
L1 概要	事前課題としてIoTの概要の本を読み、レポートにまとめる。授業で発表、質疑を行う
L2 デバイス	IoTデバイスとしてのセンサ、アクチュエータの説明、マイコンとの接続、マイコンプログラムの働きを理解する
L3, L4 エリアNW	エリアネットワークの種類やその動作、特徴を理解する
L5 ゲートウェイ	ゲートウェイの役割、種類、プログラムの役割を理解する。また、クラウドとの間のインターネットの働き、種類を理解する
L6 クラウド	クラウドコンピュータとは何か、その働き、クラウドサービスの種類を理解する
L7 アプリ	アプリケーションの種類を理解する
L8 アイディア	アイディアの創出とディスカッションを行う

表3 構築実習の基本型

構築	内 容
C1 デバイス-1	IoTデバイスの作成。(2ユニットで実施)ブレッドボード上にセンサやアクチュエータを配置した回路を作成する
C2 デバイス-2	
C3 組込みS/W-1	センサデータを取得し、ゲートウェイに送信するマイコン上のプログラムを作成する
C4 組込みS/W-2	ゲートウェイからアクチュエータへの命令を受信し、アクチュエータに実施させるマイコン上のプログラムを作成する
C5 エリアNW	無線ZigBeeまたはBluetoothの設定をする
C6 GW設定	デバイスからのデータを表示、データをクラウドに送信するプログラムを作成し、動かす
C7 クラウド設定	クラウドアカウントの作成、およびクラウドの設定を行う
C8 クラウドアプリ	クラウド上でのデータ処理プログラムを作成し、動かす

成する。これらの各授業ユニットを組み合わせることにより、構築者の分野ごとに適切なカリキュラムを作る。

表2に各講義ユニットの内容を示す。表において、L1はIoTシステムの全体像について説明を行い、L2はIoTデバイス、L3からL7まではIoTシステムの各構成要素についての説明を行う。L8は、IoT応用として、各分野の課題やニーズをIoTシステムで解決する方法について、考えさせ、発表・議論を実施する。

また、表3に各構築実習ユニットの内容を示す。C1からC4は、IoTデバイスの構築実習であり、C1とC2で回路の作成や、マイコンとの接続を行い、C3でセンサのデータを取得し、ゲートウェイに送信するプログラムを動作させる。C5からC8までが、IoTシステムの構築実習であり、C4はゲートウェイからアクチュエータ

図6 デバイス・システム・応用に分けたモジュール型

への命令を受信し、アクチュエータに実施させるプログラムを動作させる。C5は、IoTデバイスとIoTゲートウェイ間の通信ネットワークの設定を行う。C6はIoTデバイスから受信したセンサデータをクラウド・サーバに送信するゲートウェイプログラムを動作させる。C7はクラウドのアカウント、通信設定等の設定を行う。C8は、クラウド上で受信したデータを処理し、アクチュエータを制御するプログラムを動作させる。

(2) モジュール型

基本型が、IoTシステムの一連の講義と構築実習を行うのに対し、モジュール型は、一部の講義と構築実習をセットにする。図6にモジュール型のカリキュラムを示す。モジュール型では、IoT構築技術をデバイス技術、システム技術、および応用技術に分けて、その単位で講義と構築実習を行う。図6(1)のデバイスモジュールは、表2の講義L2と表3の構築C1、C2、C3、C4を組み合わせる。(2)のシステムモジュールは、同様にL3、L4、L5、L6、L7とC5、C6、C7を組み合わせる。(3)の応用モジュールは、L8とC8を組み合わせ、特定分野の応用システムの基本設計を行い、一部仕様に限定してソフトウェア作成を行ってクラウド上へ搭載し動作確認を行う。ソフトウェア作成については、未経験の学生がいることを考慮し、作成済のソフトウェアのパラメータ変更にも留めることもありうる。

4. 各分野のカリキュラムの検討

本章では、前章で論じた講義、構築内容をもとに、情報系、工学系、農学系、文系のカリキュラムイメージを提言する。

4.1 情報系カリキュラム

IoTの技術基盤は情報技術にあるため、情報系のカリキュラムは図5に示した基本型が妥当と考える。ただし、既存科目に折り込む場合はモジュール型が妥当と考える。

情報系でも組込み系の学生は、システムを構成する各構成要素、特にセンサやアクチュエータで構成されるIoTデバイスを自ら設計することがある。

図7に組込み技術をターゲットにしたカリキュラムイメージを記す。このカリキュラムは組込み系として、IoTシステムの各構成要素の構造の理解と構築による実感を与えさせることを目的とする。図において、講義の第1回から第2回までは、IoTシステムの概要とIoTデバイスの

内容	1. L1 概要	2. L2 デバイス の動作/ア プリ-9	3. C1 デバイス ス-1	4. C2 デバイス ス-2	5. C3 組込み S/W -1	6. C4 組込み S/W -2	7. L3 エリア NW	8. C5 エリア NW
内容	9. L5, L6 GW, クラ ウド	10. C6 GW設定 アプリ	11. C8 クラウド アプリ	12. L8 アイ ディア	13.	14.		

図7 情報系組込み系教育カリキュラム

内容	1. L1 概要	2. L2, L3, L5, L6	3. C1 デバイス ス-1	4. C2 デバイス ス-2	5. C3 組込み S/W -1	6. C4 組込み S/W -2	7. L3 エリア NW	8. C5 エリア NW
内容	9. C6 GW設定	10. C7 クラウド 設定	11. C8 クラウド アプリ	12. L8 アイ ディア	13.	14.		

図8 文系用教育カリキュラム

構造について学ぶ。第3回から6回の4回の授業で、電子部品の配線実装実習によるIoTデバイスの構築と、デバイスを制御するプログラムの作成と実施を行う。この実習により、IoTデバイスを構成するセンサ、アクチュエータ等の電子部品をボード上に配線し、回路を構築することで、ものづくりの実感を学生に与える。第7回でエリアネットワークの機能を知り、第8回でエリアネットワークを無線通信のZigBeeまたはBluetoothで設定し通信を確認する。第9回で、IoTゲートウェイとクラウド/サーバの機能を知り、第10回と11回で、ゲートウェイプログラムとクラウドアプリを作成し、IoTデバイスと接続することで、IoTシステム全体が動作することを確認する。第12回は、アイデアを創出させ、発表・議論させる。

4.2 工学系カリキュラム

工学系の学生は、センサやアクチュエータ等、特にIoTデバイスを教育・研究対象としていることが多い。よってデバイス技術として、各デバイスの機能、入力と出力データ、およびその回路図や制御プログラムの内容も理解させる。さらにそこで使用している電子部品の仕様も理解させる。システム技術として、その構成要素であるエリアネットワーク、ゲートウェイ、インターネット、およびクラウドの機能を理解させる。応用技術としては、デバイスが収集したデータを分析し、その結果でアクチュエータを駆動させるフィードバック動作を学ばせる。また、課題やニーズをIoTで解決するアイデアを考えられるようにする。カリキュラムとしては、デバイス、システム、応用の講義、構築を目的に応じて選べるので、モジュール型が適している。電気や機械などの専門分野に応じたモジュールの選択を可能とする。

工学系カリキュラムの担当教員としては、カリキュラムの中に他の科目として情報系の科目が含まれている場合にはIoT技術の知識を得て担当するか、または外部講師の支援によって実施することが期待される。

4.3 農学系カリキュラム

農学系には、農作物栽培、農業生命科学、畜産、農業機械、森林などが含まれ、広範囲の分野がある。農業のIT化の一環として、対象物からデータを収集して分析し、監視や必要な駆動を行うIoTの適用は広がりつつある。農業へのIoT活用については、有意義なアイデアが創出される可能性の大きい分野である。農学部の学生は、専門分野の対象物からのセンサデータを収集する技術、データを分析する技術をIoTのカリキュラムによって学び、応用のアイデアを出す可能性がある。

カリキュラムは、農業対象物であるデバイスが主体と

なるため、工学系と同様、モジュール型が適切と考える。担当教員については、工学系と同様と考える。

4.4 文系用カリキュラム

文系の学生は、IoTデバイス技術やIoTシステム技術を理解していなくても、IoTシステムの構成要素とシステム内でのデータの流れを理解すればよい。その理解の基に、自己の専門分野へIoT応用技術をうまく適用し、課題解決のアイデアが創出できることを目的とする。そのため、次の達成度を目的とする。まずIoTシステム技術としては、各構成要素間で、どのようなデータの受け渡しがあるかを理解させ、システム全体でのデータの流れを理解させる。次にIoTデバイス技術として、IoTデバイスから出力されるデータと入力されるデータの種類を理解し、IoT応用技術として、課題やニーズをIoTで解決するアイデアを考えられるようにする。また、アイデアを実現するために、どのようなセンサやアクチュエータを使用するのが良いかを考えられる様にする。

図8に文系のカリキュラムを示す。図において、第1回から2回の授業で、IoTシステム全体の概要と、IoTシステムの各構成要素の概要と入出力データの内容についての講義を行うことで、IoTシステムの基本知識を学生に与える。第3回から11回までは、IoTシステムを各構成要素ごとに順番に構築し、動作させることで、IoTシステムの実感を与える。本カリキュラムでは、システムを構築し、動かすことを主体としているため、各構築実習は、手順書を与え、それに合わせて実習させる。またプログラムの作成は行わず、完成したプログラムを提供し、それを動かすための設定を実施する。第12回は、アイデアを創出させ、発表・議論させる。

担当教員については、情報リテラシー担当教員がIoTの知識を得て担当するか、外部講師の協力が求められる。2.1節で述べた文系の例では、情報リテラシーの担当教員が行った。初年度の講義では筆者らが構築キット作成について支援した。

5. 分野別カリキュラムの展開策

本章では、プロトタイプ構築をベースとしたIoT教育のカリキュラムの今後の展開策について論じる。

5.1 各大学への説明と意見交換の実施

筆者らは、IoT教育に関して本論説内容の一部を情報系¹⁰⁾、および文系¹¹⁾に適用した結果を他大学に説明し、意見交換を行っている。

情報系に関しては、芝浦工業大学システム理工学部電子情報システム学科および同大学工学部情報工学科の研

研究室学生3年生、4年生、大学院生20人に対し、本論説のモジュール型を特別ゼミとして実施した。学生は構築手順書に基づいて構築した結果、身近なテーマではあったが、IoT活用のアイデアを出した¹⁰⁾。東京電機大学理理学部情報システムデザイン学系4年生に対してモジュール学習としてセンサ技術主体の講義と構築教育を行った。これらの結果、情報系の組込みシステム系のカリキュラムの具体化を検討していくことになった。筆者らは、静岡大学情報学部情報科学科を訪問し、同学部の行動情報学科、情報文化学科も含めた共通科目「先端情報学演習」として、2年生を対象にIoT一部機能の製作とディスカッションが進行中であることを聴取した。この科目では、理系、文系学生の合同授業やアイデア創出が行われている点が参考となった。筆者らは、今回の聴取から得た所見をカリキュラムづくりの有意義な素材として活かしていくこととした。

工学系については、筆者らは、芝浦工業大学システム理工学部機械制御システム学科を訪問し、意見交換を行った。同学科のロボット技術にはIoTの技術要素が多く含まれているが、IoTのネットワーク技術の教育に意義があるとの所見を得た。筆者らは、機械から得たセンサデータを無線で収集し、クラウドに伝達してデータを処理する体験を、機械系の学生に体験させることは有意義であるとの認識を持った。今後は他大学を含めて機械、電気との交流を行っていく。

農学系については、筆者らは、東京大学大学院農学生命科学研究科生物・環境工学専攻生物機械工学研究室を訪問し、IoTの教育について意見交換を行った。筆者らは、農業機械分野では、機械自身の稼働状況をセンシングするだけでなく、作物の生育状況を分光センサで把握したデータや、水田の水面近くの気象現象である微気象を温度や湿度センサで把握したデータを分析して、農業機械の稼働に反映させることが有意義であることを認識した。そういう視点から、学部生や院生にとってIoTプロトタイプ構築によって農業機械分野へ適用を学習させることは有意義との所見を得た。農業分野は、IoTの適用が多い分野と考えられる。今後は農作物栽培分野とのコンタクトを行っていくことにしている。

文系分野については、筆者らはすでに、こども教育宝仙大学幼児教育学科に協力してIoTシステムの教育を行った¹¹⁾。この経験を活かして、他大学の教育学科や生活科学科等の文系分野とコンタクトして行くことにしている。

サイバー大学では、従来からe-LearningによるIT機器実習が提唱され¹⁶⁾、2017年度にはIoT入門の科目が開講されている。サイバー大学の社会人学生には、技術基盤が理工系の専門に依存する割合が少なく、理系、文系に跨っているケースがある。サイバー大学の本科目の実施経験を本論説の提言の展開に活かしていく予定である。

5.2 分野別カリキュラムの展開策

IoTの今後の各応用範囲の拡がりを考えれば、IoTの教育は情報系に限らず、工学系、農学系、文系で取り入れられることが有意義と考える。IoTカリキュラムの検討については、カリキュラムの効果、内容の検討が重要で

あるが、実現にあたっては、担当教員の確保が課題になる。4章で論じたように、工学系、農学系、文系においては、既存の情報関連の科目に折り込んでいくか、または新たな科目新設の検討が必要になる。共通科目として情報系の教員が担当することも考えられる。その場合でも、プロトタイプの構築に関しては、教員による試行または習得が必要になる。

IoT教育の必要性が学会や教育機関によって議論され、IoTカリキュラムが話題になっていくことが、カリキュラム検討のきっかけになり得る。

IoTの基盤となるシステム技術に造詣の深い情報系とデバイス技術や応用面の造詣が深い工学系、農学系の協力体制により効果的なカリキュラムが可能になると考える。

文系におけるカリキュラムについては、IoTの活用について社会的な視点、教育的な視点に強い文系とIoTのシステムに強い情報系の連携により、学生の発想を醸成する教育カリキュラムができることが期待できる。

IoTの教育カリキュラムに関心のある教師間でワークショップを開催し、例えば、IoT教育のモデルカリキュラムを作成して、模擬講義によってカリキュラムのディスカッションを行うことも有意義と考える。

学生を対象としたセミナーやシンポジウムの開催も有意義と考える。IoTの基盤となる通信、ソフトウェア、クラウドのシステム技術に強い情報系の学生とデバイスや応用面に強い工学、農学の学生とのコラボレーションによって、産業面での新しいアイデアが創出される可能性がある。人間の生活や社会面に関心の深い文系の学生と情報系の学生によるコラボレーションによってイノベーション的なアイデアが創出されることも想定される。カリキュラムの実現については、教育に携わる側の検討、およびIoT関連のイベントへの学生の参加など、一步一步進めて行くことが必要と考える。

6. おわりに

IoTは今後、社会のインフラになっていくことが予想される。これを支え、成長を支援していくためには、IoTの人材育成が重要である。本稿では、IoTシステムのプロトタイプ構築をベースとする教育方法を提案し、情報系、工学系、農学系、文系の各分野における教育カリキュラムの提言を行った。IoTは各分野にまたがる技術と応用の特質を持つが、一方、各分野自身の価値を高める要素を内在している。カリキュラムの検討と実現については、課題があるが、多くの識者の協調によって進展していくことを期待したい。

謝 辞

本論説のベースとなっている研究は、JSPS科研費JP15K00929の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- 1) 辻 秀一, 澤本 潤, 清尾克彦, 北上真二: M2M (Machine-to-Machine)技術の動向 (特集 電子・

情報・システム分野の最先端技術), 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌) 133(3), 520-531, 2013

- 2) 白鳥則郎, 北上真二, 菅沼拓夫, 菅原研次, 嶋本 薫: IoTアーキテクチャの最新動向, 電子情報通信学会誌, 100-3, pp.214-221, 2017
- 3) 猿渡俊介, 森川博之: モバイル時代のサービスを支える技術: 3. M2Mの情報流, 学会誌「情報処理」, 55-11, 1269-1274, 2014
- 4) 山田太郎: 日本版インダストリー 4.0の教科書 IoT時代のモノづくり戦略, 日経BP社, 2016
- 5) David Boswarthick, Omar Elloumi, Olivier Hersentcho(著), 山崎徳和, 小林 中(訳): M2M基本技術書 ETSI標準の理論と体系, リックテレコム, 2013
- 6) Olivier Hersent, David Boswarthick, Omar Elloumi: "The Internet of Things: Key Applications and Protocols, 2nd Edition", Wiley, 2012
- 7) 稲田修一(監修), 富田二三彦, 山崎徳和, MCPC M2M/IoT委員会(編): M2M/IoT教科書, インプレス, 2015
- 8) 電気学会 第2次M2M技術調査専門委員会(編): M2M/IoTシステム入門, 森北出版, 2016
- 9) enPIT: <http://www.enpit.jp>, 参照日: 2017-8-18
- 10) 大江信宏, 北上真二, 米盛弘信, 井上雅裕, 汐月哲夫, 小泉寿男: M2Mのプロトタイプ構築によるものづくり教育システムの提案と実践, 電気学会論文誌A(基礎・材料・共通部門誌), 135-11 pp.655-665, 2015
- 11) 秋山康智, 石原正仁, 大江信宏, 北上真二, 神戸英利, 市村 洋, 清尾克彦, 小泉寿男: 文系学生へのM2Mプロトタイプシステム実装教育カリキュラムの提案と評価, 工学教育, 64-1, pp.26-32, 2016
- 12) 市村 洋, 大江信宏, 井上雅裕, 小泉寿男: M2M普及のための教育活動の実践と課題, 情報処理学会第76回全国大会, 6G-4, pp.4-487-488, 2014
- 13) Amazon: Webページ, Services: <https://aws.amazon.com>, 参照日: 2017-10-3
- 14) Microsoft Azure: Webページ <https://azure.microsoft.com/ja-jp/>, 参照日: 2017-10-3
- 15) AT&T M2X: Webページ, <https://m2x.att.com/>, 参照日: 2017-10-3
- 16) 清尾克彦: オープン環境によるM2M/IoTシステム構築の動向と取り組み事例, eラーニング研究, 4, pp.1-25, 2015

著 者 紹 介

小泉 寿男

1961年東北大学工学部通信工学科卒業。同年三菱電機(株)入社, 基本ソフトウェア, 大規模応用システム開発に従事。1996年東北大学情報科学研究科博士課程修了, 博士(情報科学)。1998年より東京電機大学理工学部教授, 2010年より同大学客員教授, NPO法人M2M・IoT研究会理事長。電子情報通信学会会員, 情報処理学会フェロー

井上 雅裕

1980年早稲田大学大学院理工学研究科物理学及応用物理学専攻博士(前期)課程修了。三菱電機(株)で組み込みネットワークシステムの研究開発に従事。2005年より芝浦工業大学システム理工学部教授。日本工学教育協会賞論文・論説賞, 日本工学教育協会賞業績賞, 工学教育賞著作部門受賞。博士(工学), 技術士(情報工学)

大江 信宏

1975年3月神戸大学工学部計測工学科卒業。同年三菱電機(株)入社, 基本ソフトウェア, ミドルウェア開発に従事。現在, (株)メルコテクノ横浜にて人材教育に従事。博士(工学), 技術士(情報工学), 情報処理学会, 経営情報学会各会員。NPO法人M2M・IoT研究会理事

秋山 康智

1990年横浜国立大学教育学部卒業。同年三菱電機(株)入社, 基本ソフトウェア, ミドルウェア, ネットワークシステム開発に従事。現在アイテック阪急阪神(株)にて, 基幹システム評価事業に従事。日本工学教育協会, 情報処理学会各会員。NPO法人M2M・IoT研究会理事

市村 洋

1970年東北大学大学院理学研究科修了, 同年三菱電機(株)入社, 汎用計算機OSの開発等に従事。1985年以後仙台電波高専助教授, 東京高専教授, サレジオ高専専攻科特任教授, こども教育宝仙大学教授。現在, NPO法人M2M・IoT研究会理事。東京高専名誉教授。博士(工学), シニア教育士(工学・技術)。日本工学教育協会, 情報処理学会各会員

清尾 克彦

1969年5月東京大学工学部計数工学科卒業。同年三菱電機(株)入社。計算機ハードウェア, システムLSI, および支援システム(CAD)の開発に従事。2009年10月よりサイバー大学IT総合学部教授。日本工学教育協会, IEEE, 情報処理学会, 電子情報通信学会各員。NPO法人M2M・IoT研究会副理事長