

# IoT 時代の組み込み教育を考える

渡辺 晴美<sup>†1</sup> 今村 誠<sup>†1</sup>

**概要:** 本稿では, IoT 時代の組み込みソフトウェア開発教育について, 「つながる」をテーマに議論する. IoT はまさに, モノとインターネットがつながることではあるが, システム開発では, 本来の意味に加え, 人と人, モノとモノ, 「つながる」は容易ではなく, 教育課題の一つである. 本研究会が昨年 10 周年を迎えたとおり, 組み込みという言葉が普及してから 10 年以上が経過した. IoT の時代が到来し社会は変化してきた. また, 技術の進歩とともに教材も進化している. さらに, 本研究会も実施してきたロボットコンテストのような教育スタイルも定着しつつあり, より効果的な学習スタイルについて考える時期を迎えている. 本年, 文科省の enPiT 第 2 期が開始となった. これを機会に, 組み込みソフトウェア教育について, ロボット開発の教育経験および, 組み込みシステム開発の企業経験をもとに, 「つながる」をテーマに再考し, 新たな教育方法・教材について議論する.

**キーワード:** 組み込みソフトウェア, 組み込みシステム, 教育, ロボット

## Issues of Embedded Software Education towards IoT System Developments

HARUMI WATANABE<sup>†1</sup> MAKOTO IMAMURA<sup>†1</sup>

**Abstract:** The article discusses issues of embedded software education for IoT system developments. The theme is TSUNAGARU that means “Connected”. As IoT is the TSUNAGARU, system developments need various TSUNAGARU technologies: human and human, thing and thing. TSUNAGARU contains lots of educational issues. Last year, embedded system special interest group celebrated the 10th anniversary. Thus, one decade has passed since “embedded system” keyword has spread generally. ESS/MDD Robot Challenge that is hosted by our SIG has continued 12 years. The Challenge is a robot contest and gives a Project Based Learning (PBL). Recent years, PBL has been generalized widely. With the advent of IoT, educational methods and tools are progressing same as technologies. In this year, the enPiT that is an educational project by national government entered the second phase. With this opportunity, we discuss a new education based on experiences of educators and practitioners.

**Keywords:** Embedded Software, Embedded System, Education, Robot

### 1. はじめに

ロボットは, [1]に示されているとおり, 数多くの SF に登場する魅力的な組み込みシステムの一つである. 本研究会においても, 研究会が発足する 2 年前の 2004 から行われていた ESS(Embedded System Symposium)ロボットチャレンジを実施してきた(2010 年までは MDD(Model Driven Development)ロボットチャレンジ)[2][3]. ロボットチャレンジは 2012 年までは, 飛行船ロボットを題材とし, 2013 年からは掃除機ロボットを題材としている.

本チャレンジの題材が変化したのも, 社会・技術の進化によるところであるが, IoT の到来により, さらに社会・技術の進化することは疑念の余地がない. このような進化に伴い, 教材や教育スタイルも進化してきた. ロボットチャレンジのようなコンテストは, 様々な形式で多数実施されるようになり[4], 関連してプロジェクト型学習 PBL も定着してきた. 従って, より効果的な学習スタイルについて考える時期を迎えている. 本年より文部科学省の教育プロジェクトである分野・地域を越えた実践の情報教育協働ネ

ットワーク enPiT[5]第 2 期が開始となった. これを機会に, 新しい組み込みソフトウェア教育について考える.

本稿では, 以下の章で, 新しい組み込みソフトウェア教育および教材を開発する際の課題について, 章タイトルに従い議論する.

### 2. ロボット教育の役割と期待

本章では, ロボット開発をテーマとしたプロジェクト型学習 PBL の役割と期待について議論する.

#### 2.1 モチベーション

ロボット教材は, 学習のモチベーションにつながるという期待が大きい. おおよそ下記がその魅力であると思われる.

(1) **動くということの面白さ:** モノが動くということは, それ自身が楽しいことであり, ロボット教材を使い始めた当初の学生のモチベーションは高い.

(2) **身の回りのモノの仕組みが理解できる:** 入門的なプログラミングの授業が, 文法中心となることは, 今後も賛成すべき必修なことである. 一方でスマートフォンやゲーム機に興じる学生にとって, 学習したコトと, 利用している

<sup>†1</sup> 東海大学  
Tokai University

モノの間には大きな隔たり、学習したコトにより、モノが動くようになるという感覚が持てない。学んだコトにより、身の回りのモノが動いているということが、理解できることは大きなモチベーションにつながると期待できる。

(3) **将来発展していきそうである：** ドローンのように、話題となっている技術で、将来発展することが期待されているものに触れることは楽しいことである。本質的に、将来の技術発展に寄与できることは、大学教育の目標の一つである。

## 2.2 コンピテンシーの向上

ロボット開発はグループで実施することが多く、コンピテンシーの向上を期待する教員も多いと思われる。enPiTにおいても、[6-7]で述べられているとおり計測し、効果が上がっている。実感として、最も効果がある事項である。

## 2.3 横断と隙間

まず、横断的な学びの役割について考える。多くの授業では、制御工学やソフトウェア工学など、システムの基盤となる技術や学問を個別に学ぶ。また、オペアンプの実験のように、旧来型の実験は、座学で学んだ個別の特徴を計測することが多い。従って、一つのシステムについて、各々の授業がどのように役立っているのか、各々の技術がどのようにつながっているかを理解することは容易ではない。

従って、システム開発を横断的に学べるということは重要な役割の一つである。[2]で、学生時代にロボットコンテストを経験した企業人が、良かった点として、「トータルにシステム開発が学べたこと」を上げている。

一方、各々の授業の隙間を埋めるという役割もある。システム開発には、学問の構成には含まれない開発のノウハウや、含みにくい学問間の境界領域や体系化されていない内容が必要となることもある。このような隙間を埋めることも重要な役割の一つである。

## 2.4 本物感

これまで述べてきた3節を包含するためには、本物感が重要であると考えられる。本物感とは、開発教材が、学生の身の回りで実際に動作している製品と関連付けて考えられること、開発プロセスが実際に近いということである。本物を体験することは、困難であることから、その特徴の幾つかを体験することになる。

これまでのロボットチャレンジにおいて、一般の授業では経験できない代表的な特徴は、非正常系の難しさ、開発デッドラインである。今後、上記の3節および、以降の章で述べる課題を含め、どのような特徴を学ぶかを議論していくことが重要である。

## 3. 社会・教育の変化

本章では、社会・技術の変化、それに伴う教材・教育スタイルの変化について述べる。

### 3.1 社会・技術の変化 — IoT時代

本チャレンジが始まった2004年は、「組込み」という言葉が普及しはじめた頃で、「メカ・エレキ・ソフト」を総合的に学ぶということが求められていた。また2004年は、2007年にスマートフォンが登場する前である。サービスの重要性については論じられてはいたが、環境に応じたサービスを一般人が享受する時代ではなかった。

2010年代に入ると、IoT(Internet of Things)やビッグデータ処理技術の進展に伴い、機器のセンサーデータを活用した故障予知によりゼロ・ダウンタイムの産業システムを志向するインダストリアル・インターネットや、生産設備のネットワーク化とデータ活用により生産システムの変革を志向するインダストリー4.0が産業界で注目されるようになった[8]。

### 3.2 教育スタイル・教材の変化

まず、教育スタイルの変化について考える。ロボットチャレンジの初回である2004年はロボットコンテストの数も少なく、PBLを実施している大学も多くはなかった。2013年からは文科省がenPiTを開始し、プロジェクト型学習PBLが幅広く普及した。ロボットチャレンジも、enPiTの共催により、充実した組込みシステム教育を提供できるようになった。普及に伴い、期待したほどにはモチベーション向上につながらないなどの問題が発生している。実際、ロボット教育とモチベーションについては多くの研究がなされている。従って、より効果的なPBLについて考えていく必要がある。

次に、教材についての変化について考える。図1はロボットチャレンジで開発したハードウェアである。図2は、現在、実施している掃除機システム競技の様子である。ロボットチャレンジを開始した2004年には、LEGO Mindstormsはあり、簡易的にモノを動かすことはできた。ただし、本格的な組込みOSを搭載することが可能な現在のシステムとは異なり、ソフトウェアを学習するには物足りない性能やメモリであった。また、図1に示すような半田付けを伴うシステムを開発する際には、ハードウェアマニュアルを理解し、電気・電子回路を組む必要があった。さらに、最も開発を難しくしたのは通信部分である。今日のようなパッケージ化がなされていなかったため、企業から通信モジュールを提供していただく必要があった。

近年は、Raspberry PiやArduinoの登場、通信モジュールのパッケージ化により、ソフトウェアに集中した学習も可能になった。



図 1 飛行船を制御するハードウェア  
Figure 1 Hardware for controlling the airship



図 2 掃除機システム競技の様子  
Figure 2 One scene of an automatic vacuum robot contest

表 1 enPiT-Emb/PEARL 教育スケジュール  
Table 1 Education schedule of enPiT-Emb/PEARL

5月	スプリングスクール(開発に必要な基礎知識の習得)
	学習の目的 PBLの目的、
	使い方 掃除機システムの使い方・プログラミング方法
8月	基礎知識 組込みシステム概論、プロジェクトマネジメント入門、ソフトウェア開発技法入門、機械制御入門
	サマースクール(経験を研究へとつなげるための教育)
	研究基礎 論文・研究の進め方 論文・研究の進め方、ロボットを事例に使ったソフトウェア工学に関する研究紹介、ロボットを事例に使った制御工学に関する研究
10月	学生企画 学生主催のワークショップ
	ESS(コンテストと学会発表)
	競技 コンテスト 学会 ポスター発表

## 4. つながる

本章では、これまで述べてきた、ロボット教育の役割および、社会・教育の変化から新しい教育を実施するための課題について議論する。

### 4.1 IoT

3章で述べたように、IoTの進展に伴い、組込み機器も、自律動作するために必要な画像認識や音声認識などの人工知能処理機能や、他の機器、PC、クラウドなど接続対象に応じたプロトコルを用いた通信機能が要求されるようになった。そのため、従来の組込み機器教育が必要とされていた「メカ・エレキ・ソフト」だけでなく、人工知能や通信プロトコルの活用スキルが必要になってきたと考える

### 4.2 人と人

2章で述べたとおり、ロボットを利用したPBLでは、コンピテンシーの向上が期待されていることが多いが、ロボット開発を通して、参加学生が心をつなぐとういことは、極めて難しい。多様な学生を受け入れ、多様な企業に就職していく大学においては、学生の学力、個人の趣味、目的意識は個々に異なる。従って、学生の自主性のみで一つになることは容易ではない。学生間がつながる仕組みが必要である。人と人に関しては、表1に示すとおり、これまでチケット駆動開発やファシリテーション等の講座を導入し、これらの技術は、学生達が議論するテンプレートとしてある程度機能してきた。ロボットチャレンジのロボット開発は、プログラミング1つでも、学生にとって未知な内容が多いため、十分に機能していない。

### 4.3 モノとモノ

モノとモノ、コンピュータ間をつなげる、コンピュータとセンサをつなげるということも、学生にとっては容易なことではない。特に、一つの機能の実現は容易ではあるが、機能と機能をつなげるのは、経験的にかなり難しいと思われる。ロボットチャレンジでは、2年目より、コンパルソリーという競技を行ってきた。これは、飛行船ならば、浮上してホバリングする、掃除機ならば、直進する、自転するなどである。これらの単純な課題についての完成度は、どのチームも比較的高い。一方、図2に示したような複合的な課題についての完成度は低い。図2は、ブロックで仕切られた領域を把握し、その領域内に置いてある障害物を検知、最後に充電装置に入るといものである。充電装置に入るとい機能についてはコンパルソリー競技に入っており、かなりのチームが実行できているが、複合的な課題に組み入れることはできていないことが多々あった。

### 4.4 入門と実践

ロボットチャレンジは、2章の全てを狙った課題ともいえる。消化不良となることもあり、脱落するチームもあった。3章で述べたとおり、教材は進化しているため、電気電子回路の学習を省略する、さらには、プログラムをできるかぎり行わないということも可能である。従って、教育したい内容のみに絞り、他を隠蔽し入門課題を作成するのが容易になった。できる限り開発技術を減らし、人と人とのつながり、すなわち、チームビルディングに着目することも可能である。また、競技とは独立して、入門編としてリモコンのみで動作するゲームなどを作成しているチームも複数ある。このような取り組みを体系化することで、入門から実践へとつながるカリキュラムの構築に期待できる。

#### 4.5 「つながる」を教育するために

2章, 3章および4章の前節までを考慮すると, 「つながる組み込み機器」を開発するスキルを育てる教育が必要と考える. このスキルを教育する教材としては, 複数の機器が通信しながら協調動作するシステム, 計算リソースが大きなサーバやクラウドと通信しながら状況に応じた組み込み機器などを試作する教材が考えられる. また, 教育を推進する組織側には, このような教材を作りやすくするために, つながる機器のデザインパターン, 通信プロトコル標準セット, 通信用プログラムのテンプレート, サーバ側で複数の機器とデータを送受信するプログラムのテンプレートなどを含む教育用のIoTシステム開発のためのフレームワークを構築していくことも今後の課題となる. 人と人とのつながりも同様である. 前述のとおり, つながるための接合部分は, 高度な学習や熟練が必要であるため, こうしたお膳立てが欠かせない.

#### 5. おわりに

本稿では, IoT時代の「つながる」組み込みソフトウェア教育についての課題について議論した. これらの課題を解決するのは容易ではなく, どのように実現するのかということが, 実際には最大の課題であるとも言える. 今後は, その課題解決を阻む問題を精査し, 現実的に実現する方法について考え, 一步一步前進していきたい.

**謝辞** 本稿を執筆するにあたり, 法政大学・佐藤未来子博士, 東海大学情報学研究科 小川英理氏, 上條弘貴氏, 早川翔氏, 真中絢美氏にご協力いただいた. 謹んで感謝の意を表する.

#### 参考文献

- [1] G. Dudek, M. Jenkin: Computational Principles of Mobile Robotics, Cambridge University, 2010.
- [2] 久住憲嗣, 渡辺晴美 編: 特集「分野を超えたものづくりと教育—組み込みシステム開発教育のためのロボットチャレンジ—」, 情報処理, Vol.56, No. 1, 2015.
- [3] ESS ロボットチャレンジ HP : <http://www.qito.kyushu-u.ac.jp/ess/>
- [4] P. De Cristoforis, S. Pedre, T. Fischer, F. Pessacq, and C. Di Pietro: A Behavior-Based Approach for Educational Robotics Activities, IEEE Transactions on Education, VOL.56, NO.1, pp.61-66, 2013.
- [5] 福田晃: 大学における実践的教育へのチャレンジ—開かれた教育への挑戦, 情報処理 Vol.56, No.1, pp.56-57, 2015.
- [6] 菅谷みどり, 谷田川ルミ, 杉本徹: ロボットPBLを学部導入教材として活用する—授業における事例報告, 情報処理 Vol.56, No.1, pp.74-76, 2015.
- [7] 山本雅基, 小林隆志, 宮地充子, 奥野拓, 桑野 文洋, 櫻井 浩子, 海上智昭, 春名修介, 井上克郎: enPiTにおける教育効果測定の実践と評価, コンピュータソフトウェア, Vol.32, No.1 pp.1\_213-1\_219, 2015.
- [8] Lee, J.: インダストリアル・ピックデータ, 日刊工業新聞社, 2016.