

新潟工科大学におけるロボット開発者，技術者のための 人材育成用教育コンテンツ

大金 一二*， 佐藤 栄一**， 李 虎奎*， 渡邊 壮一***， 金子 瑛一郎****

(令和3年12月16日受理)

Educational contents for human resource development for robot
developers and engineers in Niigata Institute of Technology

Katsuji OOGANE*， Eiichi SATO**， Hokyoo LEE*
Souichi WATANABE*** and Eiichiro KANEKO****

In this report, we describe the educational contents for human resource development for robots in Niigata Institute of Technology. In this project, the learning topics were decided in consideration of the training of robot developers and engineers, education for students, and recurrent education. The educational contents were decided based on the learning topics, the development environment, the hardware and the projects the students were involved in. The created educational contents were applied not only to university lectures, but also to independent study groups and education for working people, and the issues and future applications of educational contents were shown.

Key words: educational contents, robot developers, learning element, human resource development

1. はじめに

本稿は 2019, 2020 年度に実施した新潟工科大学・教育改革プロジェクト「実践的ロボット開発者，技術者養成を目的とした教育コンテンツの開発」に関する報告である。まず，本プロジェクトの背景，目的について述べる。

小型無人飛行機の普及，社会インフラ点検，農業，海洋等の分野へのロボットの活躍が期待され，サービス分野へのロボットの進出の加速が予想されている [1]。また，今後の日本

* 工学科（機械システム学系）准教授
Associate Professor, Field of Mechanical and System Engineering, Department of Engineering

** 工学科（電子情報学系）准教授
Professor, Field of Mechanical and System Engineering, Department of Engineering

*** 教育センター 准教授
Associate Professor, Education Center

**** ものづくり工作センター 技師
Technical staff, Facility

の産業発展にはロボットによるイノベーションが必要であり、人材教育の必要性が課題として挙げられ [2]、ロボット分野における技術者育成に関わる様々な取り組みが行われている [3]。一方、大学ではロボット産業界へ送り出す人材の育成という点から考えると、十分とはいえない。本学においてもロボット開発者・技術者の人材育成という点では、必要とされる知識・技術を得るために整備されているとは言い難い。そこで、本プロジェクトでは、社会インフラ点検、農業、海洋等でのさらなる活躍が期待されるサービス分野でのロボットに関する開発者・技術者等の育成に必要な学習内容を考慮し、新潟工科大学でのロボット教育に活用できる、教育コンテンツの作成を目的とする。

2. ロボット技術者と学習要素

2.1 教育コンテンツの作成方針

本プロジェクトでは、教育コンテンツを受講者が目的とする学習のための環境を含めたテキスト、教材の取りまとめたものとした。また、実践的ロボット開発者とは、ロボットに関わる問題を解決できる人材であり、課題に対しロボット技術を用いて解決できる方法を提案し、実践できる人材を想定した。ロボットは機械・機構、電気・電子、情報通信等、様々な分野の技術を統合することで開発することができるが、本プロジェクトでは機械・機構は既存のカリキュラムによる教育で十分と考え、対象としない。また、既存の学科・学系の枠にかかわらず、ロボット開発で必要となる項目を実装できる人材の教育を目的とした。そのためには、センサによる情報収集、アクチュエータ駆動等の基本的なことから、AI(Artificial Intelligence)による画像認識などが学習できる教育コンテンツが必要であり、それらの動作プログラムの作成、アプリケーション開発の学習が可能な、教育コンテンツを作成した。

2.2 学習要素

平成 29 年度の文部科学省の「ICT を活用した学習成果の把握・評価に向けた 学習要素の分類等に関する調査研究事業 報告書」には学習要素とは学習指導要領の学習内容および、教科書の説明内容を単元等学習のまとまりを踏まえながら、学習内容を、教科書や教材の連携、学習進度の把握、指導計画の作成などの目的のために最適な粒度で細分化したものであると示されている [4]。本プロジェクトで想定した育成する実践的開発者・技術者は目的のために、環境を構築し、構築された環境において、動作できるシステムを構築する必要がある。そこで、本プロジェクトでは教育コンテンツ作成のための学習要素の中心を「アプリケーション開発」とし、ロボット開発に必要な項目を学習要素とした。

教育コンテンツの作成には、必要となる学習内容を整理する必要がある。本プロジェクトでは、ロボット技術者の養成という観点から、学生への教育、社会人のリカレント教育に必要な内容を考慮し、必要な学習内容を決定した。また、ロボット開発にはハードウェア、ソフトウェアが必要であり、それに応じた開発環境を整備する必要がある。ここでは、ロボット

やロボットの搭載デバイス等の制御対象を制御するコンピュータとしてシングルボードコンピュータを使用することを考え、OSとしてはLinuxを用い、ロボット開発プラットフォームはROS(Robot Operating System)*¹を使用する。なお、Linuxのディストリビューションとしてはロボットのアプリケーション開発に広く利用されているUbuntu*²を使用する。また、環境整備にかかる経費の低減、入手の容易さ等を考慮し、シングルボードコンピュータとして、Arduino*³、Raspberry Pi*⁴、Jetson Nano*⁵を使用した。Arduinoはセンサ、モータなどの基本的なIOの制御に適しており、中学校、高等学校でも教材として使用されている。また、Jetson NanoはAI等、機械学習に適したシングルボードコンピュータで比較的容易に物体認識等を行うことができる。Raspberry Piは汎用的なシングルボードコンピュータであり、Linuxを使用したアプリケーション開発やIoT機器の作成に使用されている。制御対象はアクチュエータとして使用頻度の高いモータ(DC、サーボ)を使用し、センサとしては距離センサなどの基本的なセンサから障害物検知やSLAM(Simultaneous Localization and Mapping, 自己位置推定と環境地図作成)等のために移動ロボットに使用されることが多い測域センサを使用した。また、センサ、モータの統合したアプリケーション開発の対象として、プラットフォームロボットを制御対象として加えた。また、大学等ではロボットコンテスト等の参加を目的にロボットの開発を行うことが多い。本学でも参加実績があるRoboCup*⁶やWorld Robot Summit*⁷、宇宙エレベータロボティクス競技会*⁸などへの参加、参加予定があり、これらに活用できる技術等が学べることも考慮し、次のような学習要素とした。

【アクチュエータの制御・センサからの情報取得】

ここでは、センサやモータを使用するアプリケーションの開発を学ぶ。距離センサなどの基本的なセンサやモータの制御を行うアプリケーション開発にはArduinoを使用する。ArduinoにはIDE(Integrated Development Environment)が用意されており、比較的容易にアプリケーションの開発ができる。また、ROSにより高度な測域センサ、カメラの制御を学習する。ROSを使用するため、ここではRaspberry PiにUbuntuをインストールしたROSを使用する。また、ROSにより、プラットフォームロボットの入力デバイスによる制御やArduinoに接続されたLEDなどの電子デバイスやセンサ、モータを制御するアプリケーションの開発方法や開発に必要なデジタル入出力に関する基礎を学ぶ。

*1 <http://wiki.ros.org/ja>

*2 <https://www.ubuntulinux.jp>

*3 <https://www.arduino.cc>

*4 <https://www.raspberrypi.org>

*5 <https://www.nvidia.com/ja-jp/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-nano/>

*6 <https://www.robocup.org>

*7 <https://wrs.nedo.go.jp>

*8 <https://www.jsea.jp/specxroc>

【ロボットシミュレータによる制御】

近年、物理エンジンやシミュレーション技術の向上によるロボットの動作シミュレータの性能向上により、仮想空間内で複雑なロボットを制御することが可能となった。シミュレータによるロボットの開発は試行回数の削減や実機が必要ないため、多数の開発者が学習できるなど利点が多く [5]、今後のロボット開発で必要な技術である。本プロジェクトでは、国立研究開発法人産業技術総合研究所で開発された Choreonoid*⁹を使用し、シミュレータを使用したロボットの制御を学ぶ。

【IoT の構築】

IoT 機器の開発では遠隔にある機器を制御するシステムを開発する必要がある。具体的には、スマートフォンなどから、インターネットに接続された、センサ、アクチュエータを接続したシングルボードコンピュータを制御するシステムであり、システムの末端で使用されるデバイスはロボット技術により開発することができる。ここではセンサ、モータ等を接続した Arduino をスマートフォンで制御するアプリケーションの開発の方法を学ぶ。

【AI の利用】

自動車の自動運転に代表される自動走行技術など、自律動作システム開発に対する関心は高い。これらの多くは AI に関する技術が使用されている。AI の必要性は今後も高まり、応用範囲はより広がっていくと予想され、ロボット技術者にもその知識・スキルが必要であると考えられ、ツールとして AI の利用、活用方法を学ぶ。

3. 教育コンテンツの作成と講義等への適用

決定した学習要素とコンテンツを活用できる講義等、実施期間を考慮し、教育コンテンツを作成した。Fig.1 に教育コンテンツの作成スキームを示す。

【AI の基礎】

・学習要素：[AI の利用]

AI の効果が体験しやすく、参考資料が豊富なことから、画像に関するアプリケーション開発とした。ハードウェアとして使用する Jetson Nano では OS として JetPack が開発元から提供されており、ここに、AI アプリケーション開発用パッケージ、ライブラリも併せて提供されているため、AI の学習、導入が容易である。本コンテンツでは物体検出や 3 次元の画像処理の基礎の学習を目的とした。学習的な Jetson Nano を使用して、学習できることを目的とした。

*⁹ <https://choreonoid.org/ja/>

【Arduino の基礎】

- ・学習要素：[アクチュエータの制御，センサからの情報取得:Arduino]

Arduino の使い方や IDE によるアプリケーション開発方法を各種デバイスの制御を行うアプリケーション開発やデジタル IO，割り込み処理を学ぶ。

【IoT の構築】

- ・学習要素：[IoT の構築][アクチュエータの制御，センサからの情報取得]

デバイス制御が容易な Arduino と IoT プラットフォームを使用した IoT 機器の制御のためのアプリケーションの開発方法などを学ぶ。学生個人のスマートフォンやタブレットを使用して，各種センサ，DC・サーボモータなどの制御対象を制御する。IoT プラットフォームは Cayenne (myDevice.com)^{*10}を使用した。

【ROS の基礎】

- ・学習要素：[アクチュエータの制御，センサからの情報取得:Arduino, Raspberry Pi]
- ・プロジェクト：[RoboCup]

次世代のロボット開発のプラットフォームとして ROS2 が開発され，ロボット競技会でも使用する例を見かける機会があるが，本コンテンツでは過去の開発事例や提供されているパッケージが豊富であることから，ROS Melodic と Ubuntu18.04 を使用した。ROS のアプリケーション開発を PC と Raspberry Pi 3，または 4 で行う方法を学ぶ。また，DC モータやセンサの制御ではマイコンを使用し，それを Raspberry Pi から制御することが多いため，本コンテンツでは Arduino の基礎も併せて学習する。制御対象としてはサーボモータ，測域センサとそれらを搭載した移動ロボットとした。

【ロボットシミュレータの基礎】

- ・学習要素：[ロボットシミュレータによる制御]
- ・プロジェクト：[World Robot Summit]

Choreonoid の導入方法から Choreonoid に用意されているフィールド，プラットフォームロボットを使用し，遠隔操作を行う方法などを学ぶ。2021 年 10 月に開催された World Robot Summit で行われた競技会ではインフラ・災害カテゴリーに Choreonoid を使用したシミュレーションによる競技があり，そこへの参加を促す目的もあった。

【モータ制御の基礎】

- ・学習要素：[ロボットシミュレータによる制御]
- ・プロジェクト：[宇宙エレベータロボティクス競技会]

^{*10} <https://developers.mydevices.com/cayenne/features/>

本学の学生が参加を予定している、宇宙エレベータロボティクス競技会のクライマー開発を例に、モータの選定方法と制御方法を学習する。

以上の教育コンテンツを著者らが担当する講義、学生実験に適用した。また、ロボット開発に関心のある学生を対象に勉強会を行った。勉強会は学系を問わず、3年生を中心に募集し10名程度の学生が参加した。その後、1、2年生を募集する予定であったが、新型コロナウイルスの感染拡大防止のため、中止とした。また、教育コンテンツ【ROSの基礎】の一部を社会人向けの「企業向けROS講習会」として開講し、1企業が受講した。Table.1に本プロジェクトで開発した教育コンテンツと教育コンテンツを使用した講義等を示す。

4. まとめと今後の展望

本プロジェクトでは新潟工科大学での活用を目的に、ロボット開発におけるプログラム作成やアプリケーション開発の学習で必要となる項目を学習要素として、教育コンテンツを作成し、授業等での活用を行った。作成した教育コンテンツは、ロボットに関わる課題を解決できる方法が基本的な部分であるが学習することが可能で、本プロジェクトで目的とした、実践的ロボット開発者のための学習への効果が期待できると考えられる。教育コンテンツは学習を行う道具のため、教員などの指導者が教育コンテンツの学習要素を理解し、利用する必要がある。また、指導者は、学習をする学生等の知識、技術等により、内容変更等の対応を行わなければ、十分な学習効果を得ることはできない。本プロジェクトにおいても、教員が考えていた知識・技術等と学生の実際の知識等に隔たりがあり、教育コンテンツの活用が十分にできていない事例があった。学生の知識等の把握や教育コンテンツの柔軟な対応は今後の課題であるが、受講生からのフィードバックとして、受講後のアンケートではなく単元毎にアンケートをとるなどの対応が1つの方法として考えられる。教育コンテンツの活用については、教育コンテンツの共有、アウトリーチ教育への利用が考えられる。大学では教育コンテンツを教員が準備することが多く、優れたものが多い。必要な学習要素の選択、学習要素に求める条件をどのように整備するか等の課題はあるが、共有により利用者が教育コンテンツの内容をアップデートすることで、教育コンテンツの質の向上が期待できる。また、本プロジェクトでは社会人への教育コンテンツの利用事例は1例であるが、大学で開発した優良な教育コンテンツを大学と連携した探究学習やSTEAM教育、高大連携やリカレント教育などのアウトリーチ教育に活用することで、学外からは見えにくい、大学の教育力を外部へ発信できると考えられる。

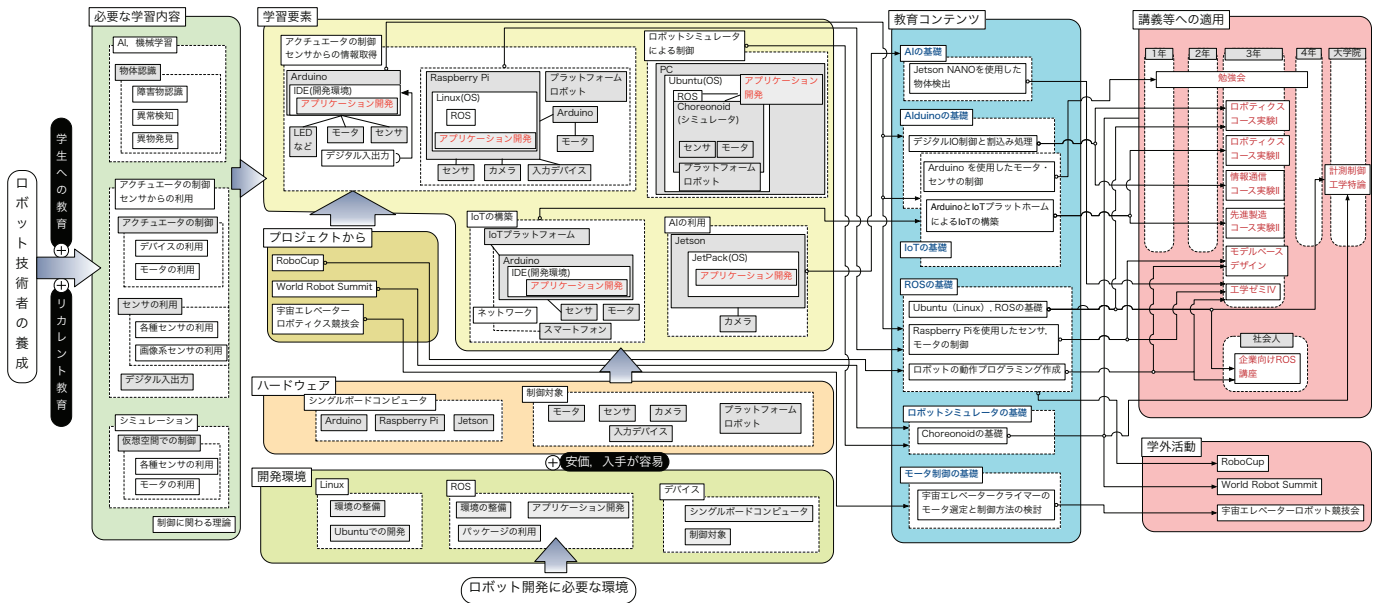


Fig.1: Educational content development scheme

Table 1: Educational content and implementation

コンテンツ	実施内容	実施（開講）形態	対象学年等
AI の基礎	Jetson NANO を使用した物体 検出	工学ゼミ VI	3 年
Arduino の基礎	Arduino を使用したモータ・センサの制御	勉強会	1-4 年
	デジタル IO 制御と割込み処理	ロボティクスコース実験 I	3 年
IoT の基礎	Arduino と IoT プラットホーム による IoT の構築方	情報通信コース実験 II	3 年
		ロボティクスコース実験 II	3 年
ROS の基礎	Ubuntu(Linux), ROS の基礎	先進製造コース実験 II	3 年
		ロボティクスコース実験 I	3 年
		計測制御工学特論	大学院
		社会人向け講習会	社会人
シミュレータの基礎	Raspberry Pi を使用したセンサ、モータの制御、ロボットの動作プログラミング作成	モデルベースデザイン	3 年
		工学ゼミ VI	3 年
		ロボティクスコース実験 I	3 年
モータ制御の基礎	宇宙エレベータークライマーのモータ選定と制御方法の検討	社会人向け講習会	社会人
		計測制御工学特論	大学院
		工学ゼミ VI	3 年

謝辞

本プロジェクトは、令和元年、2年度 新潟工科大学・教育改革プロジェクトの助成により行われた。このプロジェクトを進めるにあたり、関係する先生方、学生の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- [1] ロボット産業の市場動向：経済産業省，2012年7月
- [2] ロボット新戦略；日本経済再生本部，2015年2月
- [3] 橋本 尚久：日本のロボット分野における産業技術者育成に関する取り組み；日本ロボット学会誌, Vol.18, pp.23-26, (2020).
- [4] ICT を活用した学習成果の把握・評価に向けた 学習要素の分類等に関する調査研究事業；平成29年度文部科学省委託事業 事業報告書，2018年3月
- [5] 金広 文男, 中岡慎一郎ほか：ロボットシミュレータ開発；日本ロボット学会誌, Vol.37, pp.65-68, (2019).