

# 情報教育における IoT システム構築実習 支援用ロボット教材の開発

覺前友哉<sup>†1</sup> 角樋大地<sup>†2</sup> 岸本有生<sup>†2</sup> 西田隆司<sup>†1</sup> 小川勝史<sup>†1</sup>

**概要：**近年注目を集める IoT, ビッグデータ, AI, ロボットなどの技術は産業構造に大きな変革をもたらす第四次産業革命技術と呼ばれている。日本でも超スマート社会「Society5.0」の実現を目指して、これらの技術の社会実装が進んでいるが、それらを担う理工系人材の需要と供給にギャップが生じている。この需給ギャップを埋めるためには、高校生が情報技術を基盤とした科学技術に興味を持って学習し、理工系人材へと成長するような新しい教育手法が必要である。先行研究により「IoT 学習環境」と「ロボット教材」は高校生の情報・科学技術への意欲・関心を高める上で効果的であると多くの報告がある。IoT 技術とロボット技術を融合した教材システムを開発、教育実践することにより、生徒の意欲・関心を高めることができるのではないかと考える。本稿では、情報教育において IoT システム構築実習支援用ロボット教材システムの開発について報告する。

## Development of a robot educational tool to support IoT system construction practice in information education

Yuya KAKUMAE<sup>†1</sup> Daichi SUMIHI<sup>†2</sup> Tomonari KISHIMOTO<sup>†2</sup>  
Ryuji NISHIDA<sup>†1</sup> Katsushi OGAWA<sup>†1</sup>

**Abstract:** Technologies such as IoT, big data, AI, robots that attract attention in recent years are called fourth industrial revolution technology that will revolutionize the industrial structure. In Japan, social implementation of these technologies is progressing with the aim of realizing the super smart society "Society 5.0", but there is a gap between the supply and demand of science and technology personnel who are responsible for them. In order to fill the gap between supply and demand, it is first necessary for new high school students to learn with interest in science and technology based on information technology, and to develop new educational methods to grow into science and technology personnel. According to previous researches, there are many reports that "IoT learning environment" and "robot teaching materials" are effective in raising high school students' interest and interest in information and technology. By developing and teaching materials system that integrates IoT technology and robot technology, I think that it is possible to raise the motivation and interest of the students. In this paper, we report the development of robot educational tool system to support IoT system construction practice in information education.

### 1. はじめに

#### 1.1 背景

近年、インターネットに接続されたモノとモノが連動して様々なサービスを生み出す IoT(Internet of Things)[1]やビッグデータ, AI, ロボットが注目を集めている。これらの技術は、産業構造に大きな変革をもたらす第四次産業革命技術と呼ばれ、産業構造がよりコネクティブになる Connected Industries, 超スマート社会 Society5.0 の実現を目指して社会実装が進んでいる。しかしながら、このような社会の実現に向けて理工系人材の需給にギャップが生じている。ICT, データサイエンスに関する人材の育成, 教育施策等の具体化が重要な課題としてあげられており、技術(Technology)を活用して教育(Education)に変革をもたらす「エドテック (EdTech)」等の先進的な教育システムに関する議論も活発になっている[2][3]。高等学校の教育現

場では、情報科学を基盤とした科学技術教育について、学習効果が高く、指導しやすい教育教材、教育手法が求められている。

#### 1.2 関連研究

関連研究として、高等学校において、センサ、ラズベリーパイ、日本語記述のプログラミング言語であるドリトル言語[4]、データ蓄積サーバの連携によって構築された「IoT 学習環境」を用いた「データ」の観点から理解を促すネットワーク教育、データの分析教育、課題解決学習、プログラミング教育の提案された[5]。これらの報告では評価結果として、ゲーム制作等を通してプログラミング能力の向上は観察できたが、データの流れやネットワークの仕組みを理解し、それらを使って取り組む創造的な活動では、別途学習プログラムの必要性を示唆している。

また、我々は、ロボット技術を活用した物理解習支援教材が高校生の意欲・関心を高めて、また効率的で効果的な物理解習が可能であることを報告している[6]。特に物理現

†1 大阪電気通信大学

†2 大阪電気通信大学高等学校

象における概念的な理解度は、従来の座学に比べて高い学習効果が得られた[7]. これは、理論と現象が体感的に学習できて、実感と共に理解できるので定着度合いが高まると考えられる.

1.3 仮説

IoT 学習環境に加えて、ロボット技術やフィジカルコンピューティングの考え方を高校生向けにアレンジした教材を利用することによって、ネットワークやデータの流れを含めた”コンピュータを活用したシステム”を実感しながら理解を深めることができると考えた. さらにこの教材は情報教育に加えて工学系の体験的な学習を行うことができ、工学教育として理工系分野を志すきっかけ作りにつながり、理工系人材の育成についてもより効果的な結果が期待できるのではないかと考える.

本稿では、高校生がプログラミング、ネットワーク、データベースの基礎やデータサイエンス等の情報教育について学習できる、IoT , ロボット技術を活用したロボット教材を開発する. これにより、効率的で効果的なソフトウェア・ハードウェア両分野に渡って学習可能で、生徒が主体的に取り組むことができる授業実践が可能になると考えた.

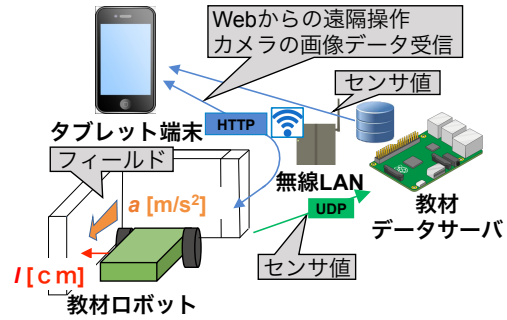


図 1 ロボット教材のシステム概要図

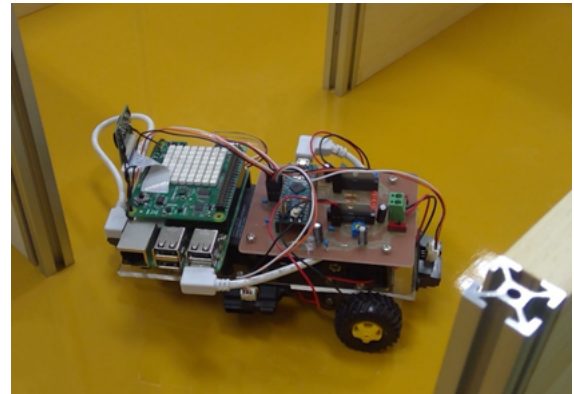


図 2. ロボット教材の外観

2. ロボット教材の開発について

2.1 ロボット教材のシステム概要

IoT システム構築学習支援用ロボット教材のシステム概要及び外観をそれぞれ図 1, 図 2 に示し、部品仕様について表 1 に示す. 本教材では情報教育で求められている内容を学習者が主体的に授業に参画できるように考慮し、次の3点を達成できるように仕様を決定した.

- (1) 問題を解決するために情報システムを構築する
- (2) インターフェース用 Web ページデザイン
- (3) 情報通信ネットワークを用いて収集したデータ活用

この教材システムは教材ロボットと教材データサーバで構成され、Wi-Fi でデータ送受信可能な Raspberry Pi 3 B+ を用いた. 教材ロボットは移動制御の簡便性を考慮して車型とした. ロボットに搭載したカメラのストリーミング動画をタブレット端末の Web ブラウザに表示して見ることができると同時に、Web ブラウザから遠隔操作を可能とした. 搭載したセンサで走行中の運動情報を計測し、センサ値をネットワーク上のデータサーバに送信して蓄積する. それらのデータはタブレット端末などから閲覧可能であり、CSV 形式でダウンロードできる. ダウンロードできる CSV の内容であるが前後左右 4 方向の距離センサ値のデータである.

表 1. 教材ロボットの仕様

サイズ[mm]	80×130×180
車体構造	対向 2 輪+ボールキャスタ
コンピュータマイコンボード	・ Raspberry Pi 3 Model B+ ・ Arduino micro
アクチュエータ	株式会社タミヤ製 ダブルギアボックス
センサ	・ GP2Y0A21K0F (距離センサ) ・ Sense HAT (6軸慣性センサ)
カメラ	SainSmart製Raspberry Pi用 カメラモジュール
バッテリー	・ モバイル用 3200mAh (コンピュータ側) ・ 単三電池×4本(モータ側)

2.2 教材ロボットのハードウェアシステムについて

教材ロボットのシステム概念図を図 3 に示す. Arduino micro は、センサによりロボットと周囲の障害物との距離  $l$  を計測、数値処理する. 距離センサは PSD 方式を用いたセンサであり測定距離は 10[cm]~80[cm]となっている. また加速度、角速度センサを搭載しているが、本稿では授業内容の関係上使用しない.

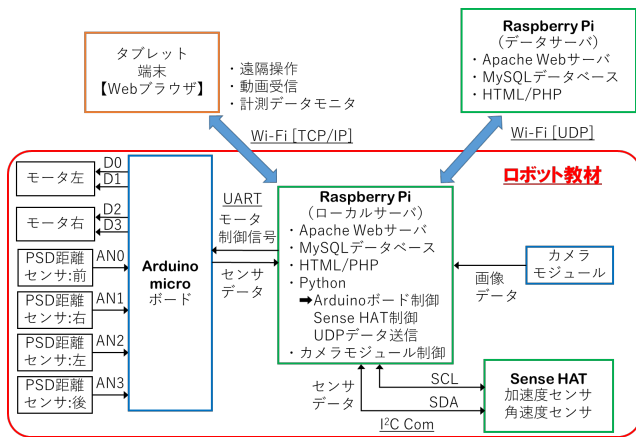


図 3. 教材のシステム概念図

課

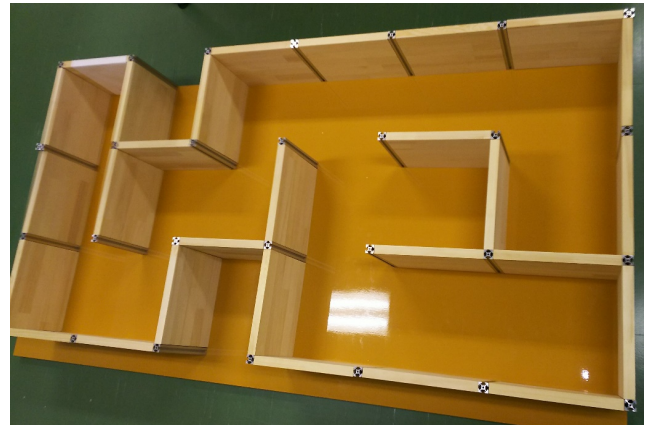


図 4. 性能評価を行ったフィールド

モータの駆動制御は Web からの入力信号に応じて行う。この信号は Raspberry Pi と Arduino のそれぞれの USB ポートを接続し、シリアル通信で計測データと共に制御信号の送受信を行う。

### 2.3 ソフトウェアについて

この教材は、学習者が授業内で出題される課題を教材ロボットと教材データサーバのシステム構築とプログラムの制作を行い、課題解決するものである。Arduino micro のファームウェア開発と Raspberry Pi でのセンサボード制御、データ通信プログラム開発と Web サーバ、データサーバ構築を行い、システム構築及びそれぞれの目的に応じたプログラミング学習が可能である。

Arduino micro では C 言語ベースで、距離センサの計測処理、モータ制御、シリアル通信で Web からの制御信号の受信とセンサ値の送信を行うプログラムを作成する。教材ロボット上の Raspberry Pi では Python3 で、教材データサーバへの UDP 通信(送信)、教材ロボット上のデータベースへのデータ格納、Web からの制御信号の入出力、等のプログラムを作成する。また、教材ロボットの遠隔操作制御及びカメラ動画確認を行うための Web ページを作成する。遠隔操作は、Raspberry Pi 用の IoT フレームワーク WebIOPi を利用することで Web ブラウザから入出力をできるようにした。ポート番号 9000 を使い、HTML ファイルから Python3 のスクリプトファイルに命令を送る。動画ストリーミングソフトウェア mjpg-streamer で、ポート番号 8080 を用いてロボットに搭載したカメラ画像を上記の HTML に埋め込み Web ブラウザ上に表示させる。

## 3. ロボット教材の評価

### 3.1 授業実践について

授業において取り組む課題は、学習者の意欲・関心を高めることを考え、ロボット教材を用いたゲーム型 IoT 実践

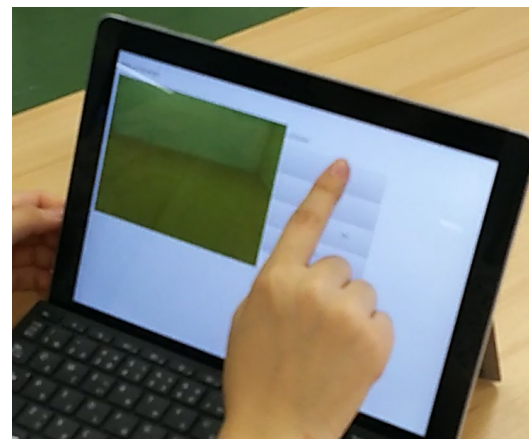


図 5. 遠隔制御用操作パネル

題を設定した。授業を行った環境下であるが 2 学期後半から 3 学期後半にかけて IoT の要素技術に総合的に学んでおり、事前に基礎的な知識が身に付いている学習者を対象に行った。次に教材ロボットの運用であるが学習者はロボットに取り付けたカメラの映像から遠隔で操作を行い、迷路を完走し取得した距離センサの値から迷路の道を予想するというものである。解析結果からはロボットを遠隔で操作し、人間が立ち入ることのできない被災地域を想定した迷路を探索しながら、ロボットから定期的にもたらされてくる距離等のデータをデータベースで保存し、探索終了後これらのデータから迷路情報(構造、被災者の有無)を解析する課題である。学習者は Web ページの制作、センシング、データベースへのデータ蓄積、ネットワークを介した制御について授業で学習した内容を駆使してシステム構築を行い、課題解決を目指すものである。

### 3.2 ロボット教材の評価

ロボット教材の授業実践に対する性能評価を行う。性能評価をする際に使用したフィールドを図 4 に示す。寸法は 150cm×75cm となっており迷路の形状を自由に変更することが可能である。通路の幅は 30cm となっているため、ロボットと壁との距離をセンサの計測範囲よりも短い状態でも計測可能とするため、センサの取り付けをロボット内

側5cmとしてロボットと壁との距離を5cmから計測可能とした。各距離センサによる計測とデータベースへの計測値の格納、Web 経由でのデータの取得、タブレット端末のWeb ブラウザを使用した教材ロボットのカメラ画像の目視、及び画像確認しながらキー操作による遠隔制御の実行性及びその操作性の確認を行った。

図5に遠隔制御用の操作パネルと操作の様子を示す。動作確認を行った際には、画面の右側にはカメラ画像が表示され、画面右側のボタンを押すことによってロボットが動作することが確認できた。また、ボタン操作による遅延も確認されなかった。図6(a),(b)に動作時間における距離センサの取得データの関係とロボットの動作状態を示す。図6(a)はスタート時の状態を示しており、前方の壁との計測距離が45cm、左右、後方の値が8cmであった。ここで、パネルの前進ボタンを押すことで、ロボットは等速で前進をする。図6(b)はロボットが前方に進んだ後の状態を示している。前方、左右のセンサ値が8cmとなり後方の値が45cmとなっており、移動したことがこの値から読み取れる。右のセンサのデータに関しては、9sから11sにかけて急峻に値が大きくなっていることが確認された。これは、右の壁がなくなり通路が開けていることが数値から読み取れるのである。また、(a)と(b)の間の前方、後方の値は直線であり中間地点で交差していることから、等速直線運動の様子が読み取れる。また、この計測値はデータベースに格納されておりCSV形式でのダウンロードが可能であった。

このように計測された値を物理的な運動理論をもとに分析することによってロボットの動作軌跡を得ることができ、迷路の地図を導き出すことができることが確認できた。この課題を通して、計測、制御、データ分析、グループワーク等、学習可能な内容が多く含まれていると考える。

#### 4. まとめ

本稿では、高校生へプログラミング、ネットワーク、データベースの基礎やデータサイエンス等の情報教育を行うために、IoT 技術、ロボット技術を融合した IoT システム構築実習支援用ロボット教材を開発した。学習者が主体的に学習した技術を用いて課題解決型の授業に取組める教材システムとした。準備した教材システムを構築することによって、センサによる計測、データ通信及びWebでの遠隔操作、データの蓄積に関する動作が確認できた。今後の課題として、教材のブラッシュアップを行い、高校生へより効果的な情報教育カリキュラムを検討し実践していき、また情報教育を基盤とした理科や数学等の他の教科学習への応用と授業実践を行い、その学習効果に関する更なる検証を続けたいと考えている。

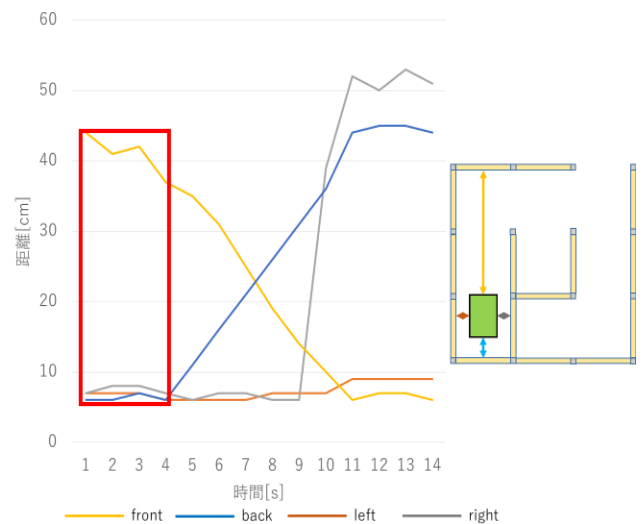


図6(a). 距離センサ取得データ (スタート地点)

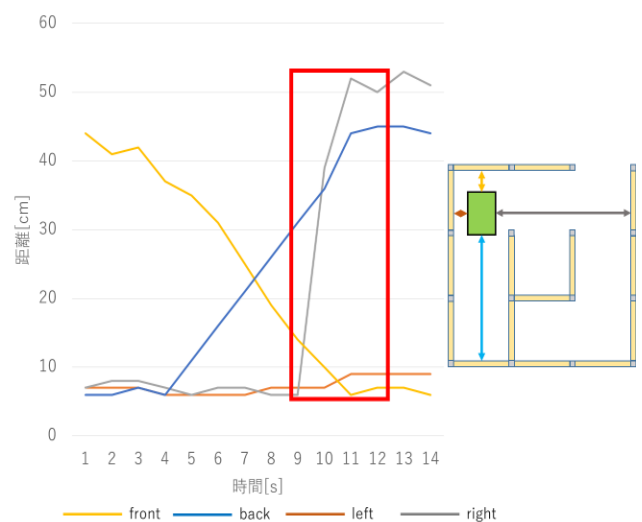


図6(b). 距離センサ取得データ (移動後)

#### 参考文献

- [1] Kevin Ashton, "That 'internet of things' thing", RFID Journal, Vol.22, No.7, pp.97-114, 2009.
- [2] 経済産業省, "「未来の教室」とEdTech 研究会第1次提言", <http://www.meti.go.jp/press/2018/06/20180625003/20180625003-1.pdf>, 2018(最終閲覧日 2019年5月28日)
- [3] 成善政, "第4次産業革命と未来の教育システムの変革", 教育総合研究, Vol.1, pp.67-90, 2017.
- [4] 兼宗進, 久野靖, "プロトタイプ階層を持つ教育用オブジェクト指向言語「ドリトル」", コンピュータソフトウェア, Vol.28, No.1, pp.43-48, 2011.
- [5] 間辺広樹, 大村基将, 林康平, 兼宗進, "情報科教育におけるIoT学習環境の利用方法の検討", 情報教育シンポジウム2016論文集, pp.98-105, 2016.
- [6] 小川勝史, 田中宏明, 鄭聖熹, "高校教育課程物理における摩擦現象学習支援用RT教材の開発と評価", 工学教育, Vol.64, No.6, pp.99-104, 2016.
- [7] 小川勝史, 田中宏明, 鄭聖熹, "高校物理学習支援用RT教材の開発 円運動での学習支援教材の評価", 計測自動制御学会論文集, Vol.54, No.2, pp.281-289, 2018.