

# 論 説

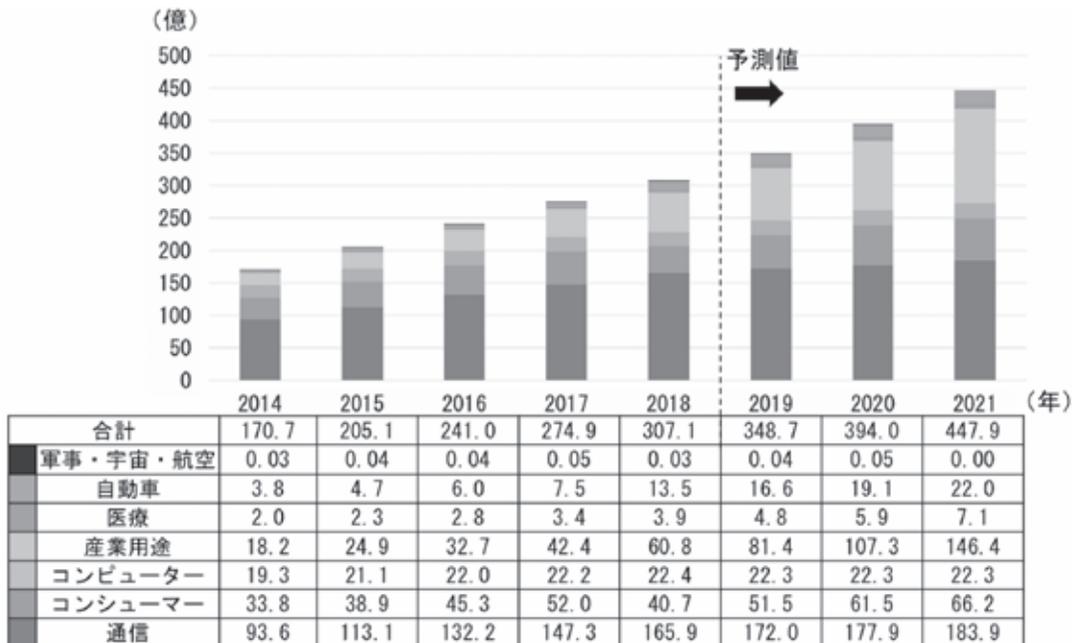
## IoT の現状と未来予測、今後の人材育成について

大阪電気通信大学工学部電子機械工学科 講師 小川 勝史

### 1. はじめに

近年、自動車、家電、ロボット、施設等、様々な「モノ」がセンサと無線通信を介してインターネットの一部を構成し、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)<sup>[1]</sup>が注目を集めている。図1に示すように世界のIoTデバイス数の動向をみると、2018年時点で約307億台であるのに対して、2021年時点での台数は、約450億台に迫る勢いで増加すると予測されており、3年で約

1.5倍に拡大すると考えられている。また、2018年時点での稼働数が多いのはスマートフォンや通信機器などの「通信」が挙げられるが、それらは市場が成熟しており、相対的に低成長が見込まれる。今後は、コネクテッドカーの普及によりIoT化の進展が見込まれる「自動車・輸送機器」、デジタルヘルスケアの市場が拡大している「医療」、スマート工場やスマートシティが拡大する「産業用途 (工場、インフラ、物流)」などの高成長が予測される<sup>[2]</sup>。



出典：「平成30年版情報通信白書」(総務省)<sup>[2]</sup>より作成

図1 世界のIoTデバイス数の推移及び予測

これらの技術は、超スマート社会 Society 5.0 の実現を目指して社会実装が進んでいる。Society 5.0 とは、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）であり、狩猟社会（Society 1.0）、農耕社会（Society 2.0）、工業社会（Society 3.0）、情報社会（Society 4.0）に続く、新たな社会を指すもので、内閣府による第5期科学技術基本計画において目指すべき未来社会の姿として提唱された<sup>[3]</sup>。Society 5.0 で実現する社会は、IoT で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことで、課題や困難を克服し、一人一人が快適で活躍できる社会となる<sup>[4]</sup>。新たな時代を迎え、どのような人材を輩出すべきなのかを考え、教育手法に関する関連研究を紹介する。

## 2. 求められる人材像について

文部科学省は Society 5.0 に向けた人材育成において、求められる人材像として次のようにまとめている<sup>[5]</sup>。技術革新や価値創造の源となる飛躍知を発見・創造する人材と、それらの成果と社会課題をつなげ、プラットフォームをはじめとした新たなビジネスを創造する人材としている。また、異分野をつなげて新たな価値を創造する感性と、新たな物事にチャレンジするアントレプレナーシップ、つまり高い創造意欲を持ち、積極的に挑戦する起業家精神が欠かせない。求められる力として、①文章や情報を正確に読み解き、対話する力、②科学的に思考・吟味し活用する力、③価値を見つけ生み出す感性と力、好奇心・探求力が必要である。

来る社会においては一握りのスーパースターだけでは不十分であり、各分野においてものづくりやサービスを担ってきた人材が、多くの人を巻き込み引っ張る社会的スキルとリーダーシ

ップを持って、データやAIの力を最大限に活用して様々な分野に展開することができる人材が各分野の現場で不可欠となる。

## 3. 人材育成と教育課程について

このような社会の実現に向けて人材の需要と供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<sup>[6][7]</sup>。そのような動向に伴い、小学校プログラミング必修化や大学における工学教育改革等が議論されている<sup>[8]</sup>。高等学校では2022年に施行される新しい学習指導要領において、未来の創り手となるための資質・能力として、「情報活用能力」が「言語能力」などと同様に教科の枠を超えて、すべての学習の基盤として生まれ活用される力として位置付けられる<sup>[9]</sup>。

このような社会背景において、平成30年告示の「高等学校学習指導要領 工業編<sup>[10]</sup>」において工業高校における教育の指針が示されている。求められる資質・能力を社会と共有し、連携する「社会に開かれた教育課程」を重視して、「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」の三つの柱で各教科の目標や内容が再整理されている。授業については、「主体的な学び」、「対話的な学び」、「深い学び」の視点で、改善を進め、各学校で教育活動の質を向上させ、学習効果の最大化を図る「カリキュラム・マネジメント」に努めることが求められる。

「深い学び」の鍵として「見方・考え方」、つまり、どのような視点で物事を捉え、どのような考え方で思考していくのか、というその教科等ならではの視点や考え方が重要になる。それらを踏まえて課題解決的な学習の充実が求めら

れる。「課題の発見」、関係する情報を収集して予想し仮説を立てる「課題解決の方向性の検討」、「計画の立案」、計画に基づき解決策を実践する「計画の実施」、結果を基に計画を検証する「振り返り」という過程を実践する学習である。

課題解決を指向するエンジニアリング、デザイン的発想に加えて、真理や美の追究を指向するサイエンス、アートの発想の両方を併せ持ち、機械を理解し使いこなす力やその基盤となるサイエンスや数学、分析的に思考する力、全体をシステムとしてデザインする力がこれまで以上に必要となる。自然体験やホンモノに触れる実体験を通じて醸成される豊かな感性や、多くのアイデアを生み出す思考の流暢性、感性や知性に基づく独創性と対話を通じて更に世界を広げる創造力、苦心してモノを作り上げる力、新しいものや変わっていくものに対する好奇心や探求力、実践から学び自信につなげていく力を育むことが重要である。

#### 4. 関連研究の紹介

主体的な学び、対話的な学び、深い学びを実現するためIoT技術／ロボット技術に着目して、カリキュラム・マネジメントに取り組んだ事例を紹介する。

(1) RT (Robot Technology) 教材を活用した物理学習について<sup>[11]</sup>

##### ① 概要

高校生が物理現象を自身の五感で体感することの重要性を考え、物理を効率的かつ効果的に学習できる「物理学習支援用RT教材」の開発を目標とし、RTを用いた諸物理量の感覚化に注目した。まず、高校物理の力学分野で学習する物理量を整理し、それらを計測可能な物理量と、組立物理量（理論式から得られる物理量）に分類した<sup>[12]</sup>。そして、分類された各物理量間

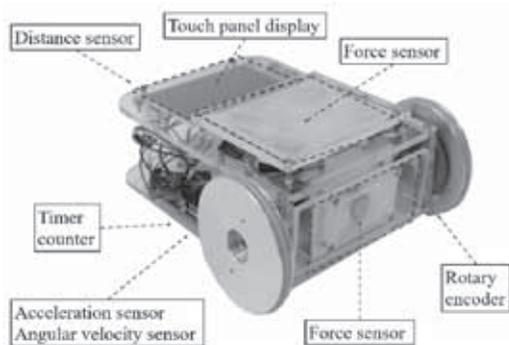


図2 教材ロボットの外観

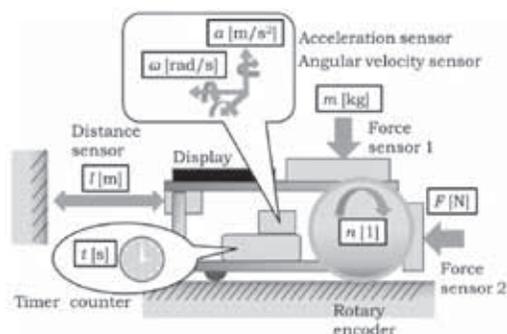


図3 教材ロボットのセンサ配置図

の相関関係を図式化して提示し、各物理量の意味と関係性が視覚的に把握できる学習ツールを提案、その学習効果を確認した<sup>[13]</sup>。これに基づいて分類された物理量の定量化に対応できるセンサ群の選定及び同センサ群を適切に配置した物理学習支援用RT教材を開発し、授業実践を行った。

##### ② 開発した教材ロボットについて

教材ロボットの外観を図2に、センサ配置図を図3に示す。物理量、及び物理現象の数値化、

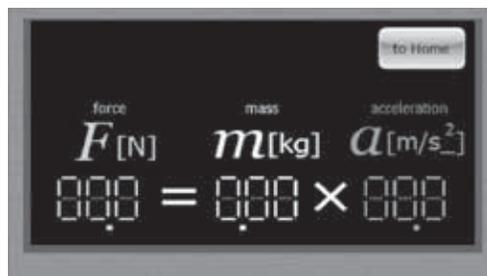


図4 学習内容のディスプレイ表示

視覚化のためにタッチパネルディスプレイをロボット上面の目立つ箇所に配置した。パネル上のメニュー画面を操作して学習内容の選択を行うことが出来る。パネルには図4のように学習したい公式や物理量のセンサ計測値が表示される。

### ③ 学習効果の検証について

学習効果を検証する為にこの教材を用いて授業を実施し、アンケートと確認テストで、内容の理解や知識定着の効果を調べた。内容は、円運動をテーマとして授業を行った。RT教材は、向心力  $F$  を生徒がひもを引くことにより触覚で体験できる仕組みと、パネルで物理量や関係式と向心加速度  $a$  の向きと大きさをゲージによって表示し、各物理量と物理現象の関係を視覚で確認して考察できる仕組みを持っている。

授業には、15名ずつの4グループ(A, B, C, D)の生徒が参加した。グループ分けは、事前に学力や知識の量に偏りが無いように、「物理基礎」の成績で平均値が各グループ間で有意差のないようにした。各グループに対しては異なる条件で授業実施した。グループAは提案RT教材を使用、グループBはRT教材を使用せず座学のみ、グループCはRT教材を用いなくて従来の実験演習授業を実施、グループDではRT教材のパネルの表示機能を使用せず、モータによる運動制御の機能のみを使用した。

グループ間での学ぶ機会の公平性を担保するため、授業の後、すべてのグループの生徒に対して再度RT教材を使用した解説を行った。不明な点等、質問に答える旨の説明をして、すべての生徒に不利益が無いように配慮した。また、生徒本人と保護者に対してこの授業に関する趣旨説明を行い、同意を得た。

4つのグループに対して、提案のRT教材の有無等、異なる条件で授業をした結果、図5のように、RT教材を使用したグループAが理解度、学力ともに有意に向上したことが確認され、

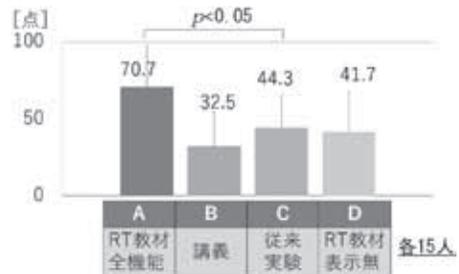


図5 各グループにおける授業前後の筆記試験結果(100点満点)

円運動に限られるが、学力の向上につながる事が検証できた。

## (2) IoTシステム構築学習支援用ロボット教材と授業実践について<sup>[14][15]</sup>

### ① 概要

IoT学習環境に加えて、ロボット技術等を高校生向けにアレンジした教材を利用して、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”を実感して理解を深めることができると考えた。我々はプログラミング、ネットワーク、データベース、データサイエンスの基礎について高校生が学習できるIoT/ロボット技術を活用した教材を開発し、生徒の主体性を重視したシステム全体を実感できる学習の授業実践を行った。

### ② ロボット教材と実践課題

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を図6、及び外観を図7に示す。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。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、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

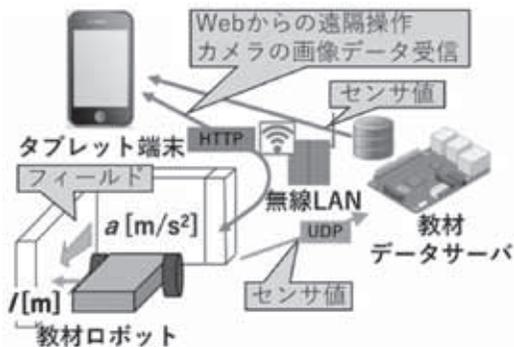


図6 IoTシステム構築学習支援用ロボット教材のシステム概要

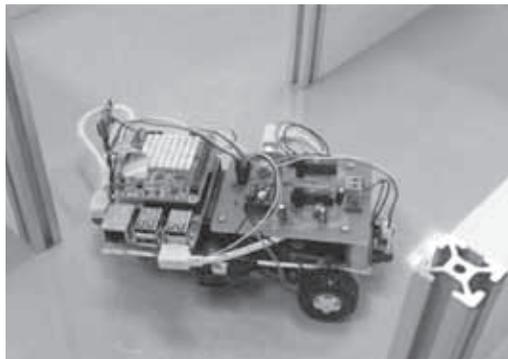


図7 ロボット教材の外観

形式でダウンロードできる。

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実践課題を設定した。内容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(図8)を探索しながら、ロボットから定期的に送られてくるデータ(距離、加速度、角速度)をデータベースで保存し、探索終了後、これらのデー

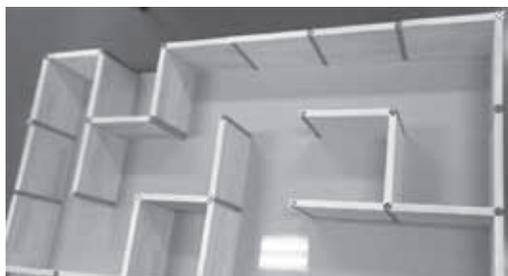


図8 IoT実践課題フィールド

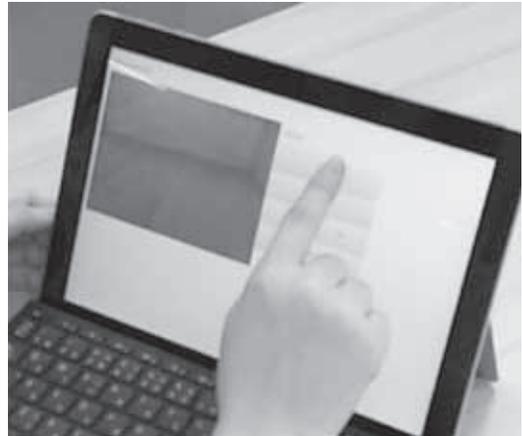


図9 ロボット教材 Web インターフェース

タを解析し、迷路地図を作成する課題に取り組むものである。

### ③ 授業実践について

図9に遠隔制御用の操作パネルと操作の様子を示す。画面の左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遠隔地の迷路上を走行する。ここでボタン操作による遅延は確認されなかった。図10(a)、(b)に、実際に生徒が授業で取得したデータの一部で、動作時間に対する距離の関係、及びロボットの動作について示す。図10(a)はスタート時の状態を示しており、前方のセンサ値が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10(b)はロボット

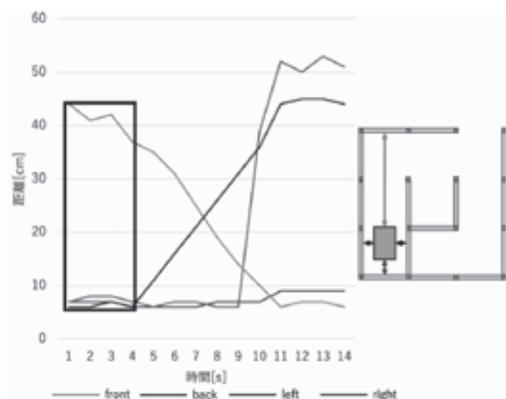


図10(a) スタート時の状態



図 10(b) 前方に進んだ後の状態

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8 cmとなり後方の値が45 cm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、9 sから11 s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。また、(a)と(b)の間前方、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。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、学習が実践できアンケートの結果も概ね高評価であった。

### 【参考文献】

[1] Kevin Ashton, "That 'internet of things' thing", RFID Journal, Vol.22, No.7, pp.97-114, 2009.  
 [2] 総務省, "令和元年版情報通信白書", [http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/pdf/01\\_honpen.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/pdf/01_honpen.pdf) (2019)  
 [3] 内閣府, "科学技術基本計画", <https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf>, (2016)  
 [4] 内閣府, "Society 5.0", [https://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)  
 [5] 文部科学省, "Society 5.0に向けた人材育成～社会が変わる, 学びが変わる～", <http://www.mext.go.jp/>

[component/a\\_menu/other/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844\\_002.pdf](component/a_menu/other/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/06/06/1405844_002.pdf), (2018)

[6] 経済産業省, "「未来の教室」とEd Tech研究会第1次提言", <https://www.meti.go.jp/press/2018/06/20180625003/20180625003-1.pdf>, (2018)

[7] 成著政, "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)

[8] 経済産業省, "新産業構造ビジョン", <https://www.meti.go.jp/press/2017/05/20170530007/20170530007-2.pdf>, (2017)

[9] 文部科学省, "高等学校学習指導要領の全部を改正する告示等の公示について", [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2018/07/11/1384661\\_1\\_2\\_1\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/07/11/1384661_1_2_1_1.pdf), (2018)

[10] 文部科学省, "高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 工業編", [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2019/04/11/1407073\\_14\\_1\\_1\\_2.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/04/11/1407073_14_1_1_2.pdf), (2018)

[11] 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)

紹介動画 URL :

[https://www.youtube.com/results?search\\_query=rt%E6%95%99%E6%9D%90](https://www.youtube.com/results?search_query=rt%E6%95%99%E6%9D%90)

[12] 小川勝史, 田中宏明, 鄭聖熹, "高等学校教育課程における物理学習に関するRT教材の開発-物理量計測用センサの体系化-", 第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 3D 1-3, (2013)

[13] 小川勝史, 田中宏明, 鄭聖熹, "高校教育課程における物理量の体系化の有効性検証と物理学習支援ツールの提案", 工学教育, vol.64-no.2, pp.38-43, (2016)

[14] 覺前友哉, 角樋大地, 岸本有生, 西田隆司, 小川勝史, "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", 情報教育シンポジウム論文集, pp.305-308, (2019)

[15] 角樋大地, 岸本有生, 覺前友哉, 小川勝史, "情報教育におけるロボット教材を活用したIoTシステム構築実習の授業実践報告", 情報教育シンポジウム論文集, pp.287-292, (2019)