

# 人工知能プログラムを搭載したソーシャルロボットの開発 —中学校技術科での教材化と図書館での実用化に向けて—

大林 要介<sup>1</sup>, 長嶋 春樹<sup>2</sup>, 門田 和雄<sup>3</sup>

<sup>1</sup>宮城教育大学大学院 教育学研究科 (教職大学院), <sup>2</sup>宮城教育大学 教育学部 技術教育専攻,

<sup>3</sup>宮城教育大学 教育学部 技術教育講座

著者らはこれまで、作ることで学ぶロボット教材の開発とロボットを使った授業設計、コミュニケーションロボットの機能向上のための取り組みを行ってきた。その一環として、人工知能プログラムを搭載することで身近な問題を解決する、問題解決ロボットを開発してきた。本研究では、次期学習指導要領における改訂の動向を整理し、技術科におけるロボットと制御に関する学習内容を精査し、人工知能ロボットを中学校技術科の教材として活用することの有用性を示唆した。また、本学附属図書館の利用者数が減少傾向にあることを踏まえ、問題解決に貢献できる対話型図書館ロボットを開発した。附属図書館や県内の中学校での実践を踏まえ、教材化と問題解決ロボットの両面から有用性が期待できる結果が得られた。

キーワード: 人工知能、エネルギー変換技術、情報技術、ソーシャルロボットの開発、ロボット教育

## 1. はじめに

近年、学校では ICT を活用した教育方法が検討されており、学校にロボットを導入する試みも実施されつつある。小松原らは、授業にコミュニケーションロボットを導入し、学習内容に関するロボットとの会話が児童に能動的な学習の姿勢を促すことを示した[1]。田中は、1～2 歳の幼児に未知語学習を支援するロボットを導入し、ロボットを用いた学習促進は実装可能かつ有効であることが判明しつつあると示した[2]。一方、21 世紀に活躍できる人材育成のために STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育を推進する動きが国際的に加速しており、科学、技術、工学、数学の各分野を融合した課題解決学習などに積極的に取り組んでいる[3]。日本で学校教育にロボットを導入する際、STEM 教育を意識した教科横断型の取り組みが期待できる。また近年、3D プリンタやレーザー加工機等のデジタルファブリケーション機材が教育現場に普及しつつあり、ロボットの製作において活用できると考えられる[4]。

著者らはこれまで、オープンソースロボットの Mugbot[5]を参考にして、作ることで学ぶロボット教材

の開発とロボットを使った授業設計、コミュニケーションロボットの機能向上のための取り組みを行ってきた [6][7][8][9][10][11]。先行研究では、ビジュアルプログラミング言語 Scratch を活用したロボットや小型の二足歩行ロボット、人体感知プログラム及び音声認識と自然会話のプログラムを搭載したロボットなどを開発した。これらのロボットは 2 つの側面における発展を期待している。1 点目は、ソーシャルロボットとしての発展である。技術の設計・計画及び製作の契機として、身近な生活や社会における問題を把握し、それを解決するといった問題解決の視点が挙げられる。身の回りの問題を解決するロボットとして発展することを期待している。2 点目は、教育現場への導入である。中学校技術・家庭分野の技術分野(以下、技術科)をはじめとし、ロボットを製作する中で PBL を中心とした工学的な学習が展開できることを期待している[12]。

これらの取り組みの一環として、日頃から利用している宮城教育大学附属図書館(以下、附属図書館)における利用者数減少問題を解決するロボットの開発をテーマとして設定した。本稿は、そのプロジェクトの成果の一部をまとめたものである。

## 2.次期学習指導要領対応した教材化に向けて

### 2.1 技術科の位置付け

平成 29 年 3 月、次期学習指導要領が公示された。次期学習指導要領[13]では、これまでも重視されていた、社会において自立的に生きるために必要な「生きる力」の理念を具体化し、教育課程がその育成にどのようにつながるかを分かりやすく示すことが重要とされた。このことに加え、子どもたちの現状と課題を踏まえつつ、人間が学ぶことの本質的な意義や強みを改めて捉え直し、一人一人の学びを後押しできるよう、「何を学ぶか」「何ができるようになるか」「どのように学ぶか」の 3 観点を見据えて学習指導要領等の改善が求められている。「何を学ぶか」については、

表 1 新旧の学習指導要領技術・家庭科における目標の比較

次期学習指導要領	現行学習指導要領
<p><u>生活の営みに係る見方・考え方や技術の見方・考え方を働かせ、生活や技術に関する実践的・体験的な活動を通して、よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、生活を工夫し創造する資質・能力を次のとおり育成することを目指す。</u></p> <p>(1) <u>生活と技術についての基礎的な理解を図るとともに、それらに係る技能を身に付けるようにする。</u></p> <p>(2) <u>生活や社会の中から問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、実践を評価・改善し、表現するなど、課題を解決する力を養う。</u></p> <p>(3) <u>よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、生活を工夫し創造しようとする実践的な態度を養う。</u></p>	<p><u>生活に必要な基礎的・基本的な知識及び技術の習得を通して、生活と技術とのかかわりについて理解を深め、進んで生活を工夫し創造する能力と実践的な態度を育てる。</u></p>

新しい時代に必要となる資質・能力を踏まえた教科・科目の新設や目標・内容の見直しが行われた。

技術科においては、次の目標が設定された。次期学習指導要領における目標と現行学習指導要領における技術・家庭科の目標の比較を表 1 に、技術分野の目標の比較を表 2 に示す。新に付加されたキーワードに二重下線を、表現の言い換えや表記の変更及び修飾語の付加といった微細な変更には下線を、消失した表現には波線を添えている。なお、これらは

表 2 新旧の学習指導要領技術分野における目標の比較

次期学習指導要領	現行学習指導要領
<p>技術の<u>見方・考え方を働かせ、ものづくりなどの技術に関する実践的・体験的な活動を通して、技術によってよりよい生活や持続可能な社会を構築する資質・能力を次のとおり育成することを目指す。</u></p> <p>(1) <u>生活や社会で利用されている材料、加工、生物育成、エネルギー変換及び情報の技術についての基礎的な理解を図るとともに、それらに係る技能を身に付け、技術と生活や社会、環境との関わりについて理解を深める。</u></p> <p>(2) <u>生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図等に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するなど、課題を解決する力を養う。</u></p> <p>(3) <u>よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築に向けて、適切かつ誠実に技術を工夫し創造しようとする実践的な態度を養う。</u></p>	<p>ものづくりなどの実践的・体験的な学習活動を通して、材料と加工、エネルギー変換、生物育成及び情報に関する基礎的・基本的な知識及び技術を習得するとともに、<u>技術と社会や環境とのかかわりについて理解を深め、技術を適切に評価し活用する能力と態度を育てる。</u></p>

引用者の判断による。これらを見比べると、目標の構成や表現が大きく変更されたことがわかる。とりわけ、技術・家庭科及び技術科が課題解決のための教科として明確に位置付けられた点に注目した。「課題解決」と併せて「よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築」が新たなキーワードとして挙げられ、さらに他の箇所の表記においても技術科が生活に即した身近な教科であることが強調されている。世にある技術をただ知るのではなく、それらをただ評価するだけでなく、評価した上で適切に活用していくことや、よりよい生活の実現や持続可能な社会の構築のために誠実に管理・運用していく態度が求められる。

## 2.2 内容 C 及び内容 D の位置付け

エネルギー変換の技術においては、これまでも学習内容の一つとして、「エネルギー変換に関する技術を利用した製作品の設計・製作」に関する学習が取り上げられてきた。次期学習指導要領においては大きな転換が見られ、新たに「エネルギー変換の技術による問題の解決」という名目で学習内容が再編成された。とりわけ注視したいのは「イ 問題の発見と課題の設定、電気回路や力学的な機構などの構想と設計の具体化、製作の過程や結果の評価、改善及び修正」である。問題解決の視点が、各内容及びねらいの中に明確に位置付けられた。技術科では、単に何かを作るという活動ではなく、技術に係る見方・考え方を働かせ、生活や社会の中から技術に関わる問題を見いだして課題を設定し、解決策を構想し、製作図に表現し、試作等を通じて具体化し、実践を評価・改善するという学習過程の中で資質・能力を効果的に育成が目指される[14]。また、エネルギー変換に関する技術については、「力学的な機構」という新たな視点が入り入れられた。「課題の設定や電気回路又は力学的な機構等に関する生徒の新しい発想を認めるとともに、その発想が他の場面にも利用でき

るよう考えさせる」こと、「製作や使用に伴う廃棄物や排出物の低減を条件として電気回路又は力学的な機構等を構想させ」ることが挙げられる[15]。

情報の技術においては、これまでもプログラムによる計測・制御に関する学習が取り上げられてきた。計測・制御のプログラミングによる問題を解決する学習活動として、気温や湿度の計測結果に基づき灌水などの管理作業を自動的に行う栽培ロボットのモデルや、買物の際に目的の売り場に誘導しながら荷物を運搬したり、障害物や路面状況などをセンサで確認し危険な状況となった場合には注意を促したりする生活サポートロボットのモデルなどが挙げられる。これらのロボットに共通して見られるのは、身近なあるいは社会的な問題を見だし、それを解決するという視点である。生活における計測・制御に関わる身近な不便さについて考えたり、既存の計測・制御システムの改善の余地を考えたり、自然環境の保全や防災等に関わる社会的な問題について考えたりして、利便性や環境負荷、安全性などに関する問題を見だし、必要な機能を持つ計測・制御システムの設計・製作などの課題を設定し、その解決に取り組ませることが求められる[15]。

以上の動向を踏まえると、計測・制御のプログラミングによる問題解決及び力学的機構などの構想と設計を通じたエネルギー変換に関する技術による問題解決における統合的な学習における教材として本ロボットを位置付けることができる。本ロボットを教材として使用するにあたり、生徒たちはソフトウェアとハードウェアの両側面における工夫を施す必要がある。STEM 教育の観点からロボットと向き合い、試行錯誤することで、力学的機構の原理を理解することができると考える。また、既存のプログラムから目的に合わせてカスタマイズする中で、身近なロボットに使われる制御の仕組みや、課題解決の手順について理解することが期待できる。

### 3. 図書館ロボットの設計・開発

#### 3.1 附属図書館の利用者数の推移

附属図書館の利用者の推移データ[16]を表 3 に示す。平成 26 年から平成 29 年にかけて貸出冊数の合計は 3288 冊、貸出者数合計では 953 人減少している。また、入館者数は平成 27 年から一日平均で 138 人減少している。この原因として、図書館では様々なサービスを提供しているが利用方法やサービス自体を把握していない学生が多いことが考えられる。

また、利用者数の減少の背景には、大学生の不読率が上昇傾向にあるという現代的な課題が潜んでいると考えられる。文部科学省は、第四次「子供の読書活動の推進に関する基本的な計画」[17]の中で、読書活動は子どもが言葉を学び、感性を磨き、表現力を高め、創造力を豊かなものにし、人生をより深く生きる力を身に付けていく上で欠くことのできないものであるとしている。このような動向を受け、各地域においても読書活動の推進取組を行っており、小中学生の不読率は改善傾向にあるものの、依然として大学生の不読率は上昇する傾向にある。この問題を解決するため、本学の公式キャラクターである、みやつきよ先生[18]をデザインしたロボットを開発した。

#### 3.2 ロボットの外装及び機構の設計

胴体部分を Autodesk Fusion 360 を用いて設計し、DXF 形式で保存し、レーザー加工機で出力した。DXF データを図 1 に示す。材料は質感を出すため、MDF 板を使用した。また、腕部の部品は ABS 樹脂を用いて 3D プリンタから出力した。ロボットの制御にはマイコンボード Arduino とシングルボードコンピュータ Raspberry Pi を、腕と手首の機構として、それぞれサーボモータを使用した。物を持ち上げたり運ぶことは想定していないため、トルクが 0.18 [N・m] のマイクロサーボ SG-90 を使用した。みやつきよ先生の体の各部分におけるコンセプトを忠実に再現するため、足部

及び頭部に黒板消しを、顔部にノートを使用した。みやつきよ先生のイラストと完成した図書館案内ロボットを図 2 に示す。

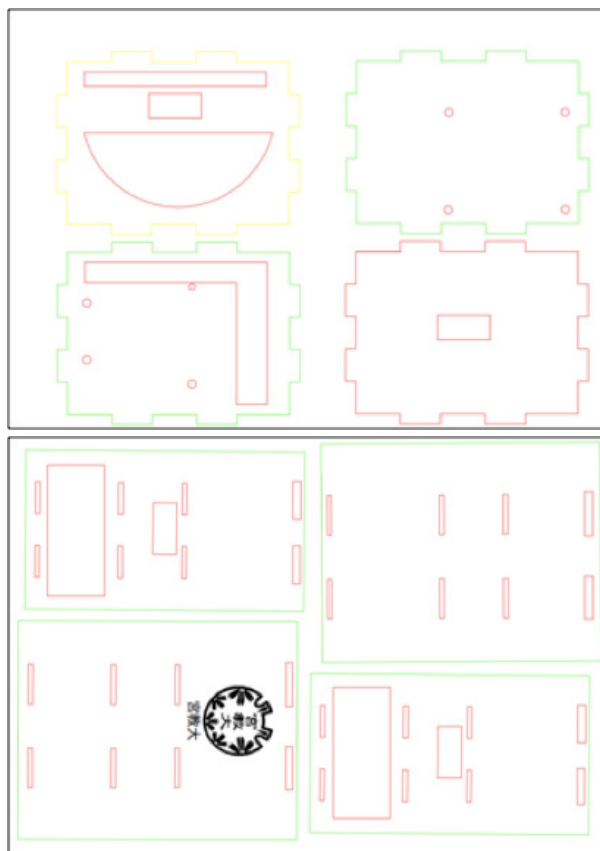


図 1 図書館案内ロボット外装の DXF データ



図 2 みやつきよ先生と図書館案内ロボット

#### 3.3 人工知能プログラムの制作

本ロボットは、音声認識技術(STT:Speech-to-Text)に Google Speech API v2 のオンライン音声認識[19]を、自然会話にオンライン docomo 雑談会話 API[20]を使用している。本ロボットにおける自然会話に関するシステムについては、オープンソースのプログラム



[21]を参考にしている。自然会話とは、入力された言葉に対して、言葉の意味を理解した上で返答することである。会話の成立には、話しかけの言葉の意味を理解する必要があるが、通常自然会話の中では曖昧な言葉や省略した言葉がよくあるため、人工知能会話は音声認識以上に難易度が上がる。自然会話には、雑談会話とシナリオ会話がある。雑談会話では、コンピュータが自動的に返事を作成するため、開発者が返事を設定せずとも会話を行うことができる。一方、シナリオ会話では、開発者が事前に返事を設定し、コンピュータが聞いた言葉の意味を理解した上で設定した言葉を返す[21]。本ロボットは図 3 に示すようなプログラムで構成されている。雑談会話を基本とし、特定のキーワードを認識するとあらかじめ設定した言葉を返す。附属図書館では、日本十進分類法 (NDC:Nippon Decimal Classification)[22]対応しているため、「技術科教育に関する本はどこにありますか。」という言葉に対しては、「技術科教育」というキーワードに反応し、「技術科教育に関する本は 370.5 番台で、2 階に配架されています。」と返す。「イベントの情報を教えて。」という言葉に対しては、「イベント」というキーワードに反応し、「男女共同参画推進プロジェクトをやっています。25 日にはスパイラル・ラボで講演会をしますので、どうぞお越しください。予約は不要です。」と返す。「何時まで空いていますか。」という言葉に対しては、「何時まで」というキーワードに反応し、「平日は 9 時から 22 時まで、土日は 10 時から 17 時まで開いています。」と返す。このように、配架に関する案内、イベントに関する案内、利用方法に関する案内等、多様な案内をするプログラムを制作した。人工知能プログラムのコードの一部を図 4 に示す。なお、これらのプログラムはシナリオ会話に当たるため、ロボットの用途によってカスタマイズすることができ、図書館ロボット以外の発展が期待できる。

Raspberry Pi はこれまで PC を介するブリッジ接続に

よって回線を受信してきたが、持ち運びのしやすさや学内のどこでも使用できるという側面から、設定の変更により学内の無線 LAN への接続を行った。このことでインターネット接続のために使用していた PC を使うことなくプログラムを実行できる。また、Mugbot のシステムを追加することで、プリセット発話やユーザ発話等の発声機能に加え、腕の動作等のボディランゲージも制御できる。Mugbot の制御画面も図書館ロボット用にボタンや画像の配置、サイズ等の仕様変更を html 及び css のコーディングによりカスタマイズした。本ロボットの制御画面を図 5 に示す。



図 3 図書館ロボットのフローチャート

```
#案内等
elif ('何時まで' in message):
    speak('平日は 9 時から 22 時まで、土日は 10 時から 17 時まで開いています。')
elif ('スパイラルラボ' in message):
    speak('スパイラルラボでは模擬授業の練習などができます。')
elif ('レポート作成' in message):
    speak('図書館ではレポート作成の手引きを配布しています 1 階カウンター隣どうぞ!')
elif ('イベント' in message):
    speak('男女共同参画推進プロジェクトをやっています。1 月 25 日にはスパイラルラボで講演会をしました。')
elif ('昔の教科書' in message):
    speak('3 階には過去に使われた教科書が電子書庫に配架されています。電子書庫はパネルを使ってご使用ください。')
elif ('スパイラルセッション' in message):
    speak('図書館では定期的に先生方による講演会を行っています。2 月 13 日には第 158 回芥川賞・直木賞と宮沢賢治を開催します。予約不要ですので是非お越しください!')
```

図 4 人工知能プログラムのコーディング画面



図 5 図書館ロボットの制御画面

#### 4. 図書館ロボットの活用

##### 4.1 図書館の担当者との意見交流会及びスパイラルラボでの展示・実演

2018年2月6日には、附属図書館の設置を見据えた意見交流会が行われた。附属図書館の木戸浦氏を研究室にお招きし、ロボットの実演を行なった。意見交流会では、4月にスパイラルラボにてロボットの実演をすることが決定した。

4月19日の実演には30名の学部生、院生、教職員の方々にお集まりいただいた。ロボットの機能の説明や雑談会話・図書案内の体験後にアンケートを実施し、様々なご意見を得ることができた。「図書館案内ロボットを図書館に設置したら利用したいか」という項目では、参加いただいた全員が「利用したい」「どちらか」というと利用したいのどちらかであった。なお、学年別の回答傾向に違いは見られなかった。この結果からロボットの設置は図書館利用人数向上の貢献につながると考えられる。また、さらなる機能の追加、改善に関して寄せられた要望を表4に示す。なお、オーム社が刊行しているロボコンマガジン[23]や、附属図書館が刊行している「こもれび」[24]に実演の様子が掲載され、本研究室の取り組みを学内外に広めることができた。

表 4 新たな機能の要望

ソフトウェア関連	ハードウェア関連
音声認識の精度向上。 音声認識の反応速度向上。 音声合成の外国語対応。 蔵書検索機能。 おすすめ著書の紹介。 話し声の変更。 著書に対する特殊な言動。 著書読み聞かせ機能等。	腕の動きの追加。 首の動きの追加。 アイコンタクト機能。 筐体の大型化。



図 6 スパイラルラボの広報

##### 4.2 日本教育学会 web ページでの PR

8月30日から9月1日に本学で日本教育学会第77回大会が催されることを踏まえ、4月24日には、本ロボットが学会の案内をするPR動画を公開した[25]。

##### 4.3 宮城県内の中学校での実演

5月31日には、図書館ロボットの教育現場への活用のための予備調査を行うため、宮城県内の中学校で実演を行なった。調査の対象は中学校1年生の1クラスで、技術科内容Dのネットワークの構成について学んだ直後に調査を行なった。アンケート項目は、(1)このロボットを図書館に設置したら利用したいと思いますか、(2)このロボットを作ってみたいと思いますか、(3)図書館を利用して不便だと思う点は何ですか、(4)図書館案内ロボットに、案内以外にどんな機能があれば便利ですか、(5)図書館案内ロボットの他にどのようなロボットができそうだと思いますか、以上5項目である。(1)~(2)は4件法で、(3)~(5)は自

由記述で調査した。(1)については、「利用したい」が26名、「どちらかという利用したい」が7名、「どちらかという利用しない」が1名、「利用しない」が1名だった。(2)については、「作りたい」が24名、「どちらかという作りたい」が8名、「どちらかという作りたくない」が3名、「作りたくない」が0名だった。もともと、これらは簡易な調査ではあるが、図書館ロボットの教育現場への導入することの期待が大きいことがわかった。(3)～(4)では図書館を利用する際に不便だと考えられる点とロボットによる解決例の示唆が得られた。(5)では人工知能ロボットの図書館以外への発展のための示唆を得られた。(4)及び(5)で得られた意見については表5に示す通りである。中でも、校内案内ロボットや美術館・博物館の案内ロボット、読み聞かせロボットなどは、図書館ロボットのプログラムをベースにシナリオ会話の部分のカスタマイズすることで比較的容易に実装できるため、子どもたちにそのプログラムを考えさせるといった活動も期待できる。

表5 アンケートから得られたロボット発展の可能性

(4)機能の発展	(5)他のロボットへの発展
クイズを出す。 本の紹介をする。 読み聞かせをする。 静かにするよう注意する。 タッチパネルをつける。 一ヶ月で人気だった本を紹介する。 目的に合ったジャンルの本を紹介してくれる。 話しながらジェスチャーをする。 貸出日と返却日を記憶する。 機械で簡単に貸し借りができる。 本にまつわるトークができる。 利用状況について案内する。 音楽を流す。	配達ロボット。 道案内ロボット。 勉強を教えてくれるロボット。 届かない本を取るロボット。 ホテルなどの受付ロボット。 美術館や博物館、動物園などの案内ロボット。 本を集計するロボット。 介護用ロボット。 ご飯を提案してくれるロボット。 カウンセラーロボット。 音楽を流すロボット。 校内案内ロボット。 観光地案内ロボット。



図7 宮城県内の中学校での実演

### 5. 終わりに

本稿では、本学附属図書館の利用者数が減少傾向にあることを踏まえ、問題解決に貢献できる対話型図書館ロボットを開発した。本ロボットは、次期学習指導要領において問題解決の視点が強調されたことを踏まえ、中学校技術科の教材として活用することが期待できる。学内外における実演では今後の発展の方向性について示唆を得られた。

今後は、得られた調査結果を参考に、ロボットの機能の向上及び教育現場への導入に向け、改良・発展のために取り組んでいく。

本研究は平成29年度科学研究費補助金(課題番号17K01012)の助成を受けたものである。

### 6. 参考文献

- [1] 小松原剛・塩見昌裕・他3名, 理科室で授業の理解を支援するロボットシステム, 日本ロボット学会誌, 第33巻第10号, pp.789-799(2015).
- [2] 田中文英, 幼児教育現場におけるソーシャルロボット研究とその応用, 日本ロボット学会誌, 第29巻第1号, pp.19-22(2011).
- [3] Jo Anne Vasquez・Cary Sneider・Michael Comer, STEM LESSON ESSENTIALS, Heinemann

- (2013).
- [4] 門田和雄, イノベーティブな設計力を育む技術教育の観点からの 3D プリンタの活用, 砥粒加工学会誌, 第 60 巻 第 3 号, pp.18-21 (2016).
- [5] 小池星多, おしゃべりロボット「マグボット」ラズパイと Arduino で電子工作, リックテレコム (2016).
- [6] 門田和雄・菊池壮太, 学校教育現場向けコミュニケーションロボットの開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集, 1A1-15a5 (2016).
- [7] 菊池壮太・門田和雄, 学校教育現場向けコミュニケーションロボット教材の開発, 日本機械学会・技術と社会部門講演会講演論文集, No.16-49, pp.25-26 (2016).
- [8] 大林要介, Scratch を活用した教育用コミュニケーションロボットの開発, 宮城教育大学 技術科研究報告 第十九巻, pp.44-45 (2017).
- [9] 大林要介・菊池壮太・門田和雄, Scratch を活用した教育用コミュニケーションロボットの開発, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 2017 講演論文集, 2P2-I11 (2017).
- [10] 長嶋春樹・大林要介・門田和雄, 図書館向け対話型ソーシャルロボットの開発, 日本産業技術教育学会第 61 回全国大会(信州)講演要旨集 p.17 (2018).
- [11] 長嶋春樹・大林要介・門田和雄, ボディランゲージ機能を有する図書館案内ロボットの開発, 第 36 回日本産業技術教育学会東北支部大会講演論文集, A2-3 (2018).
- [12] 大林要介, PBL を中心とした中学校技術科におけるロボット教材の開発, 宮城教育大学技術科研究報告 第二十巻, pp.18-19 (2018).
- [13] 文部科学省, 中学校学習指導要領(平成二十九年告示)(2017).
- [14] 教育課程研究会, 「アクティブ・ラーニング」を考える, 東洋館出版社 (2016).
- [15] 文部科学省, 中学校学習指導要領解説 技術・家庭編(平成二十九年告示) (2017).
- [16] 宮城教育大附属図書館: 宮城教育附属図書館概要 2018, p.2, <http://library.miyakyo-u.ac.jp/banner/about/gaiyo2018.pdf> (2018 年 5 月 21 日最終閲覧)
- [17] 文部科学省, 第四次「子供の読書活動の推進に関する基本的な計画」について, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/houdou/30/04/1403863.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/30/04/1403863.htm)(2019 年 1 月 8 日最終閲覧)
- [18] 宮城教育大学, 校章とキャラクター, <http://www.miyakyo-u.ac.jp/about/outline/ct10.html> (2018 年 1 月 29 日最終閲覧)
- [19] Google APIs , Google Speech API, <https://console.developers.google.com/apis/dashboard?project> (2018 年 1 月 29 日最終閲覧)
- [20] docomo Developer support, <https://dev.smt.docomo.ne.jp> (2018 年 1 月 29 日最終閲覧)
- [21] 鄭立, 自然会話ロボットを作ろう! Raspberry Pi と Arduino で作る人工知能, 秀和システム (2016).
- [22] 蟹瀬智弘, NDC への招待 —図書分類の技術と実践—, 樹村房 (2015).
- [23] 「Mugbot から広がるソーシャルロボットの展開(後編)」, ロボコンマガジン No.119, 2018.9, オーム社, pp.42-47 (2018).
- [24] 国立大学法人 宮城教育大学 附属図書館ニュース こもれび No.133, p.12 (2018). <http://library.miyakyo-u.ac.jp/banner/publish/komorebi/kom133.pdf> (2019 年 1 月 8 日最終閲覧)
- [25] 日本教育学会, 日本教育学会 第 77 回大会 大会校等企画, <https://www.jera77.jp/school.html> (2019 年 1 月 8 日最終閲覧)