

<研究ノート>

IoT 機能を搭載した小型人型ロボットを活用した プログラミング教育の検討

高藤 清美*・堀越眞理子*

Study of programming education using a small humanoid robot equipped
with IoT function

TAKATO Kiyomi* and HORIKOSHI Mariko*

抄 録

2017・2018年（平成29・30年）に改訂された学習指導要領により、2020年度から小学校でのプログラミング教育の全面実施がおこなわれ、順次、中学校、高等学校でもプログラミング教育への本格的な取り組みが始まる予定である。この改訂に対応するため、さまざまなプログラミング教材を用いた試行がおこなわれてきた。多くの場合は、コンピュータ内部だけで完結するバーチャルワールド（仮想世界）を対象とするに留まり、文部科学省が参考資料として用意した「小学校プログラミング教育の手引」¹⁾などで言及されているリアルな世界を意識した題材を利用する例はレアケースである。本論文では、小学生でも親しみやすく、リアルな世界を投影しやすく、動作の意味が直感的に理解しやすいと考えられるプログラミングが可能な小型人型ロボットに対し、プログラミング教育の題材としての可能性や適切性について検討をおこなった結果について示す。

キーワード：プログラミング教育、学習指導要領、ピッコロボ IoT、ロボホン、Scratch、Blockly

1. はじめに

2017・2018年（平成29・30年）に改訂された学習指導要領により、2020年度から小学校でのプログラミング教育の全面実施がおこなわれ、順次、中学校、高等学校でもプログラミング教育への本格的な取り組みが始まる予定である。プログラミング教育の主な目的は、小学校では「プログラミングの思考の育成」「プログラミングを通じてコンピュータ

に意図した処理を行わせるために必要な論理的思考の獲得」²⁾、中学校では「計測・制御のプログラミング」「ネットワークを利用した双方向性のあるコンテンツのプログラミングについて学ぶ」³⁾、高等学校では「プログラミングやシミュレーションによって問題を発見・解決する活動」を通してコンピュータの計算に関する限界についての理解、プログラミングによるコンピュータや情報通信ネットワークの活用、シミュレーションを通して

* 筑波学院大学経営情報学部、Tsukuba Gakuin University

モデルを評価する、アルゴリズムを考え適切に表現することなど⁴⁾、幅広い知識、技能、思考力、判断力、表現力を身に着けることを想定している。

この改訂に対応するため、さまざまな検討がおこなわれているが、2020年4月からスタートした小学校においては、さまざまなプログラミング教材を用いた試行がおこなわれてきた。多くの場合は、コンピュータ内部だけで完結するバーチャルワールド（仮想世界）を対象とするに留まり、文部科学省が参考資料として用意した「小学校プログラミング教育の手引」¹⁾などで言及されているリアルな世界を意識した題材を利用する例はレアケースである。また、リアルな世界を意識した例としては、従来からの計測・制御的な取り扱いを想定したものが目立ち、児童・生徒全員が学ぶ素材としては特殊であると考えられる。

近年、さまざまな用途向けの人型ロボットの実用化が進んでいる。実用化のための開発環境を持つものがほとんどであり、中には、ロボット本体が比較的安価でプログラミング環境も分かりやすい機種も市販されるようになってきた。また、プログラミング環境がビジュアルインターフェースを使用するMITのScratch⁵⁾やGoogle社のGoogle Blockly⁶⁾をベースにし、これを拡張した形態のものを用意しているケースもある。さらに、子ども達でも扱いやすい小型の人型ロボットも登場している。このように人型ロボットを対象としたプログラミングに取り組みやすい状況になっていることから、小学校から取り組まれることになったプログラミング教育に活用できないかを検討することとした。

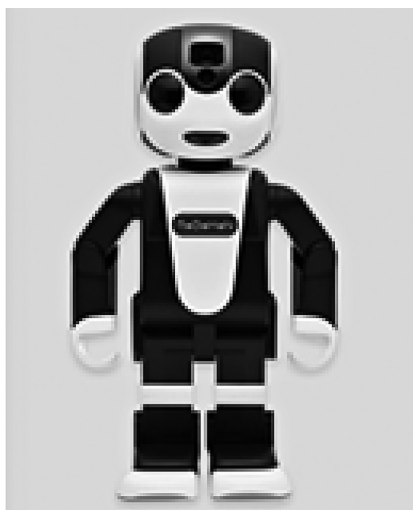


図1 ロボホン（シャープ株式会社）

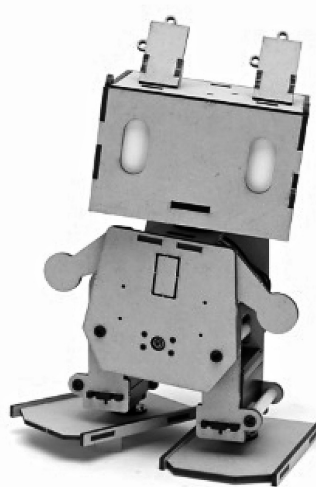


図2 ピッコロボ IoT（ヴイストーン株式会社）

表1 ピッコロボ IoTの主な製品仕様

大きさ	高さ212×幅133×奥行92 (mm)
重量	約480 g (バッテリー搭載時)
稼働箇所	4 (頭1、腰1、脚2)
制御ボード	V-duino (VS-RC202、Arduino 互換)
CPU	Espressif Inc. ESP-WROOM-02 ¹⁰⁾
拡張	センサ・アクチュエータとも可能
通信機能	USB、Wi-Fi
電源	ニッケル水素電池または5V 直流

2. プログラミング教育に適した小型人型ロボットの検討

現在では、プログラミングが可能な小型人型ロボットは様々な種類のものが市販されている。最適な機種を選択するのも苦労するような状況となっている。しかし、本研究で検討対象とした小型人型ロボット（後述）と同時に採用の可否の検討をおこなった機種の中の一つである「ロボホン」⁷⁾（図1）は機能が充実していて、性能も高く、使い勝手がよいもののひとつであるが、Wi-Fi 通信機能を持つタイプは本体価格が132,000円（定価）で、快適に使用しようとするとメーカーの提供するクラウド通信サービスを契約（年額16,500円）する必要があり、通常の公立学校の授業用に導入するのは費用の面で困難であると考えられる。他のメーカーの小型人型ロボットについてもロボホン同様に費用的な問題がある。

このような状況の中で、以前から教育用の比較的安価な自動車型ロボットなども手掛けているヴイストン株式会社から、教材用の小型人型ロボットで半キット状態ではあるが、安価であり（ピッコロボ IoT 自律制御セットの場合16,500円）、ハードウェアの拡張が容易であり、制御用のコンピュータとして Arduino⁸⁾ と互換性のあるものを使用している、といった特徴を持つ「ピッコロボ IoT」⁹⁾（図2）を有力な候補として選択し、検討をおこなった。「ピッコロボ IoT」の主な仕様を表1に示した。なお、Arduino は開発環境を含めたマイクロコンピュータシステムの開発環境といえるもので、上述した Scratch や Blockly などと連携させるためのツールも公開されているので、本研究の目的には好都合である。

3. ピッコロボ IoT の制御ボードの機能

ピッコロボ IoT が出来ること、あるいは

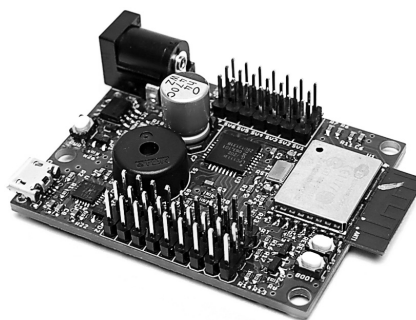


図3 V-duino

表2 V-duino の各ポートの接続先

ポート	入出力	接続先	備考
SV1	PWM ^{a)} / 出力	左足	LED 制御可
SV	PWM / 出力	右足	LED 制御可
SV3	PWM / 出力	胴	LED 制御可
SV4	PWM / 出力	頭	LED 制御可
SV5	PWM / 出力		LED 制御可
SV6	PWM / 出力		LED 制御可
SV7	PWM / 出力		LED 制御可
SV8	PWM / 出力		LED 制御可
SV9	PWM / 出力	LED 左	ブザーと併用
SV10	PWM / 出力	LED 右	ブザーと併用
ブザー	PWM / 出力	圧電ブザー	SV9、SV10と併用
AN1	入力	右耳光センサ	
AN2	入力	左耳光センサ	
AN3	入力	人感センサ	
AN4	入力	電源電圧	基板内部接続
SONIC	出力 / 入力	超音波センサ	HC-SR04 ¹³⁾ に対応
I ² C ^{b)}	入出力		2線シリアルバス
USB	入出力		PC 接続用
Wi-Fi	入出力		無線 LAN

a) PWM : Pulse width modulation (パルス幅変調)

b) I²C : Inter-Integrated Circuit

出来そうなことを機能面から明らかにするために、ピッコロボ IoT の制御ボードでもある V-duino¹¹⁾（図3）について、ピッコロボ IoT の制御用として使用されているポートの状況、V-duino ボード上に実装されている周辺装置、拡張に使用できるポートの状況およ

びポートの拡張可能性について表2にまとめた。表2の接続先が空欄のポートは拡張用で使用できる。なお、 $I^2C^{12)}$ は2線シリアルバス方式のインターフェースで、バス上にさまざまな入出力デバイスを接続できる。USBは主にPCとの接続用として使用し、PC上で開発したプログラムをアップロードしたり、PCとの連携に使用する。Wi-Fiは無線LAN用のインターフェースである。USBインターフェースと同等の目的で使用できる。また、ピッコロボIoTを遠隔から制御したり、ピッコロボIoTからのデータを送ることができる。

表2より、V-duinoのポートでユーザーが自由に使用できるのはSV5～SV8の4つのPWM/出力用のポートと I^2C インターフェースのみとなる。一見、少ないようであるが I^2C ポートは、7ビットまたは10ビットでアドレスを指定できるため多数の周辺装置を接続し、制御可能である。またデータ転送速度についても、モードにより差があるが、ハイスピードモードでは最大3.4Mbpsで8ビットデータの双方向転送が可能である。 I^2C インターフェースに対応した各種デバイスは、 I^2C インターフェースの開発元であるNXP Semiconductors社の I^2C バス仕様およびユーザーマニュアル¹²⁾によると、50社以上1000以上のデバイスに採用されているとあるので、必要なデバイスを探すことは難しくないと思われる。

以上より、高い拡張性を持つピッコロボIoTは、さまざまなアイデアを実現するためのプラットフォームになりえると考えられる。プログラミングの基礎から学び、問題解決のためのシステムの提案や構築といった課題にまで活用できると考えられる。

表3 プログラミングの要素として検討した観点

データ構造
制御構造
モジュール化 (オブジェクト化を含む)
プログラム機能

4. ピッコロボIoTの動作とプログラミング要素との関係の検討

ピッコロボIoTをプログラミングの修得に用いるためのアプローチ方法はいくつか考えられるが、本研究報告では、標準的なプログラミング手法の修得を目的とするという観点で考察した。具体的には、表3に示した観点に対してピッコロボIoTのプログラミングの際に学習可能か否かという考察をおこなった。

表3の各観点をもとに、各観点の要素をまとめると表4のようになる。表4には、各機能とピッコロボIoTの動作を含めたプログラムとの関係についても示した。また、標準のピッコロボIoTだけでは実現できないものについては、どのような拡張が必要であるかを示した。表2、表3にまとめた検討結果から、ピッコロボIoTを用いることでプログラミング学習の多くの要素を学習できることが分かった。さらに、ピッコロボIoTを用いた有用なシステムの構築も十分に可能だと考えられる。このようなところまで学習を進めることができれば、平成30年(2018年)告示の高等学校学習指導要領「情報」で求められている、「プログラミングによって問題を発見・解決する活動」のための学習教材と位置付けることも可能である。

5. おわりに

今後、本研究で考察した内容をもとにScratchやBlocklyの拡張モジュールを作成

し、実際のプログラミングの学習のなかで利用し、改良を重ねていく予定である。先ずは、小学生を対象にしたプログラミングの学習活動のための開発を中心に進めるが、早い段階で中学生、高校生、さらに大学生を対象とした研究にも取り組んでいきたいと考えている。

【謝辞】

本稿は、筑波学院大学、令和2年度「研究活動の充実に関する取組み」の補助金（採択研究名「小型人型ロボットを活用したプログラミング学習教材の研究開発」）による研究成果の一部である。

【参考文献】

- 1) 文部科学省：小学校プログラミング教育の手引（第三版）、2020年2月
- 2) 文部科学省：小学校学習指導要領（平成29年告示）、2017年3月
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成29年告示）、2017年3月
- 4) 文部科学省：高等学校学習指導要領（平成30年告示）、2018年3月
- 5) MIT：Scratchのトップページ、<https://scratch.mit.edu/>、(accessed 2020-10-23)
- 6) Google：Blocklyのトップページ、<https://developers.google.com/blockly>、(accessed 2020-10-23)
- 7) シャープ株式会社：ロボホンのトップページ、<https://robohon.com/>、(accessed 2020-10-23)
- 8) Arduino：Arduinoのトップページ、<https://www.arduino.cc/>、(accessed 2020-10-23)
- 9) ヴイストーン株式会社、ピッコロボIoTのトップページ、https://www.vstone.co.jp/products/piccorobo_iot/index.html、(accessed 2020-10-23)
- 10) Espressif Inc.、ESP-WROOM-02仕様、https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp-wroom-s2_datasheet__en.pdf、(accessed 2020-10-23)
- 11) ヴイストーン株式会社、ピッコロボIoTのトップページ、https://www.vstone.co.jp/products/vs_rc202/index.html、(accessed 2020-10-23)
- 12) NXP Semiconductors、I²Cバス仕様およびユーザマニュアル、<https://www.nxp.com/docs/en/user-guide/UM10204.pdf>、(accessed 2020-10-3)
- 13) SparkFun Electronics、HC-SR04データシート、<https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Proximity/HCSR04.pdf>、(accessed 2020-10-23)

表4 プログラミングの要素とピッコロボ IoT でのプログラミングの例として考えられる項目

プログラミング要素	プログラミング例	実施に必要な拡張例
データ構造		
変数	通常のプログラムでも多用する	
配列	一連のデータをまとめる	
構造体	ロボットの特定制動に必要なデータをまとめる。例えば、「歩く」「戻る」「右を向く」「左を向く」「立ち止まる」「お辞儀をする」などの動作に必要なデータをまとめるなど	
スタック	再帰呼出しのような処理で使用する。例えば、「条件が成立するまで歩く」などの繰り返し処理	
キュー	ロボットへの指示やセンサの測定データなどを複数個保存し、順番に処理を進める	
その他	リストや木構造などがあるが、プログラミング時の必要性に応じて利用できる	
制御構造		
順序構造	構造化プログラミングの基本構造の一つ	
選択構造	構造化プログラミングの基本構造の一つ	
繰り返し構造	構造化プログラミングの基本構造の一つ	
その他	選択構造、繰り返し構造の変形的な構造を利用する可能性があるが、極力、3つの基本構造（順序構造、選択構造、繰り返し構造）およびこれらに準じた構造のみを使用する	
モジュール化		
モジュール化	プログラムの部品化をする。モジュール化できたものはプログラムの部品として使用できるので積極的に活用する	
オブジェクト	プログラムの部品化をする。オブジェクト化できたもの（クラス）はプログラムの部品として使用できるので積極的に活用する。データとプログラムをカプセルにできるので、動作に様々なパラメータが必要となるセンサやアクチュエータの制御を扱う際は積極的に利用する	
プログラムの機能		
入力処理	センサ入力制御、通信回線（USB や Wi-Fi）や I ² C インターフェース上のデバイスからの入力	目的に応じて I ² C インターフェースにデバイスを追加
出力処理	アクチュエータ出力制御、LED 制御、音の出力、通信回線（USB や Wi-Fi）や I ² C インターフェース上のデバイスへの出力	目的に応じて SV5～SV8ポートまたは I ² C インターフェースにデバイスを追加
演算処理	制御ボード V-duino の CPU は ESP-WROOM-02 であり、クロック周波数 160Mhz、32bit CPU で、300MIPS 程度の性能があるとされているため、本システムが想定するデータ処理は問題ないと考えられる	
時間制御	タイマ割込みが使用できるので、正確に計時できる。しかし、現実世界に対応する時計機能は持っていない	現実世界の時刻を扱うことのできるリアルタイムクロックを I ² C インターフェースに増設する
センサ制御	ピッコロボ IoT で使用・用意されているセンサは、光センサ、人感センサ、電源電圧測定用センサ、超音波センサとなっており、アナログセンサ用のポートは使い切っている。増設する場合は、I ² C インターフェースを使用する	追加する場合、I ² C インターフェースで制御できるセンサが必要である
アクチュエータ制御	ピッコロボ IoT で使用・用意されているアクチュエータは、サーボモータ、ブザー、超音波センサ関連回路となっており、出力用のポートは 4 本の余裕がある。さらに増設する場合は、I ² C インターフェースを使用する	追加の場合、SV5～SV8を利用するか、I ² C インターフェースで制御できるアクチュエータが必要である
オープンループ制御	ロボットの制御では限定された場所での使用になると考えられる。例えば LED の点灯、音の出力などが考えられる。ロボット自体の移動をおこなう場合はクローズドループ方式を使用するべきである	
クローズドループ制御（フィードバック制御）	ロボットの移動等を実現するためには必要な制御方式である。移動結果をもとに修正を加えるなどの目的で使用される	
割込み制御	突発的な事象が発生したときにも活用できるが、センサでのデータの準備ができたときを知らせるために使用可である	