

情報端末を用いた計測・制御教材の開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2014-07-01 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 室伏, 春樹, 藤原, 一仁 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00007875

情報端末を用いた計測・制御教材の開発

Development of System for Junior High School Students to Learn
Measurement and Control Using an Information Terminal Device

室 伏 春 樹* 藤 原 一 仁**

Haruki MUROFUSHI and Kazuhito FUJIWARA

（平成 25 年 10 月 3 日受理）

This paper reports the development of a robot for teaching materials at junior high schools in Japan. The robot can be controlled via either a tablet computer or a personal computer. The reason is because the robot works by an audio signal. Other studies have concluded using a tablet computer as contents viewer. However, the class to control a robot by a tablet computer gives interest to students and leads to understanding the portability of a program. Moreover, a tablet computer equipped with sensors provides a new method to learn measurement and control. By the development of this robot, we were able to suggest a new class using a tablet computer.

1. はじめに

現在の子供の身の回りには、スマートフォンやタブレット端末をはじめとしたICT（Information and Communication Technology）機器が存在し、インターネットなどを利用することで手軽に情報を収集することができるようになってきている。また、総務省や文部科学省ではICT機器を導入した教育を推進しており、生徒一人1台の情報端末を整備することで多様な学習形態や表現方法を子供に提供したり、生徒の学習履歴や学習進捗をネットワーク上で管理したりすることが想定されている^{1), 2)}。このような社会の変化に合わせ、日本各地で市販のタブレット端末を情報端末と見なして利用する実践研究が報告されている⁷⁾⁻¹⁰⁾。

一方、中学校技術・家庭（技術分野、以下技術科と記す）では、平成10年度の学習指導要領の改訂から、中学生に対して情報やコンピュータに関する内容を指導することが明記されている³⁾。平成20年度の学習指導要領では、情報に関する指導項目として「(1) 情報通信ネットワークと情報モラル」, 「(2) デジタル作品の設計・制作」, 「(3) プログラムによる計測・制御」の三つが示されている⁴⁾。これらの指導項目は、小学校や中学校の他教科等における情報教育及び高等学校における情報教育との接続に配慮して構成されており⁵⁾、従来技術科で指導されていたコンピュータの基本的な操作方法は除外されたり、選択で指導されていた「プログラムと計測・制御」が必修化されたりしている⁶⁾。しかし、タブレット端末を情報端末と見なして利用する実践研究の報告では「(3) プログラムによる計測・制御」を指導する実践が行われて

* 技術教育講座 ** 静岡市役所

いない。

そこで、タブレット端末を利用した「(3) プログラムによる計測・制御」を指導するためのロボット教材を提案する。平成25年現在、学校に情報端末が正式に導入されていないことを踏まえ、学校のコンピュータ室に配備されているコンピュータとタブレット端末の双方から制御することができるロボット教材を開発した。具体的には、コンピュータとタブレット端末からロボットを制御するためのソフトウェアの開発と、制御対象となるロボット教材を製作した。

2. 教育のICT化に関わる取り組み

情報社会の進展に伴い、諸外国では国家プロジェクトとして教育分野のICT利活用が推進されており、シンガポールのマスタープランや韓国のスマートラーニングなどが実施されている^{11), 12)}。日本では、光ファイバーやADSLなど高速かつ大容量のデータ通信が可能なインターネットへの接続環境が整備されているものの、教育分野においてはICTの利活用が十分に進んでいないという現状がある¹³⁾。また、IMD（国際経営開発研究所）国際競争力ランキングでは日本の1990年の1位から2010年には27位に低下しており¹⁴⁾、21世紀の情報社会を生きる子供にとって生きていくための基礎となる力を形成することがより求められているものと考えられる。

これらの状況を踏まえ、平成22年に政府の高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部で「新たな情報通信技術戦略」が決定され、下記の三項目が示された¹⁵⁾。

- I. 子ども同士が教えあい、学びあう
- II. 教職員の負担の軽減
- III. 児童生徒の情報活用能力の向上が図られるよう、21世紀にふさわしい
学校教育を実現できる環境の整備

これを受け、総務省では教育分野によるICT利活用による課題の抽出・分析を目的として「フューチャースクール推進事業」を開始した¹⁾。文部科学省では「学校教育の情報化に関する懇談会」の設置を行うとともに、「教育の情報化ビジョン」を公開し、平成32年度までに一人1台の情報端末の導入を実現することを目標に示した²⁾。また、総務省と連携した「学びのイノベーション事業」により、総合的な実証実験も行われている¹⁶⁾。そして、民間でも「デジタル教科書教材協議会（DiTT）」が設立され、政策提言やハードウェア開発、ソフトウェア開発などが行われている¹⁷⁾。

総務省のフューチャースクール推進事業では、公立学校20校（小学校10校、中学校8校、特別支援学校2校）を対象にタブレット端末やインタラクティブ・ホワイト・ボード（IWB）などのICT機器を利用した授業実践が行われている。この事業で利用されているタブレット端末は、学校種により異なる。さらに、小学校ではキーボード付でオペレーティングシステム（OS）にMicrosoft社のWindowsを利用したタブレット端末で統一されているが、中学校ではキーボードの有無やOSの種類などが統一されていない。そのため、どのような情報端末が学校で具体的に利用されるか未知数である。また、DiTTが公表している「情報端末が備えるべき10の条件」を表1に示す¹⁸⁾。表1より、DiTTが公表している内容は、具体的な情報端末を確定するものではない。

表1 情報端末が備えるべき10の条件

<ul style="list-style-type: none"> ・小学一年生が持ち運べるほど軽く、濡らしても、落としても壊れにくい ・タッチパネル ・8ポイントの文字がしっかり読めて、カラー動画と音楽が楽しめる ・無線でインターネットにアクセスできる ・学年別に全ての教科書が収まる ・作文、計算、お絵かき、動画制作、作曲、演奏ができる ・学校でも家庭でも使える ・学校でも家庭でも手に入れやすい価格 ・電池が長持ちする ・セキュリティ面・プライバシー面で安心して使える
--

また、タブレット端末を利用した技術科の実践を調査したところ、フューチャースクールでの実践を含めても報告例が少ないことが分かった。具体的な実践には、フィッシング詐欺についての体験型の学習や⁷⁾、内閣官房IT担当室が立ち上げた「IT防災訓練」を利用して災害時の情報発信を行うなどの「(1) 情報通信ネットワークと情報モラル」を扱うもの⁸⁾、作物の栽培風景の写真や生長の記録を入力する学習や⁹⁾、ロボット製作の動作確認や試運転段階に動画記録をすることでロボットの不具合発見を容易にする実践などの「(2) デジタル作品の設計・制作」を扱うものなどがある¹⁰⁾。しかし、「(3) プログラムによる計測・制御」は報告が確認されておらず、タブレット端末を利用する技術科の情報に関する指導の内容に偏りがあることが分かった。

この理由として、「(1) 情報通信ネットワークと情報モラル」や「(2) デジタル作品の設計・制作」の指導では、タブレット端末が有する機能（インターネット接続やカメラ撮影、画像編集など）を基に授業を構想しやすいが、「(3) プログラムによる計測・制御」ではタブレット端末をどのように利用すればよいか検討がされておらず、具体的に指導するための教材も提案されていないため、授業が構想しにくい実態があるためと考えた。

そこで、「(3) プログラムによる計測・制御」の指導項目についてタブレット端末をどのように利用することができるか検討を行い、具体的な教材を開発することとした。

3. タブレット端末の利用検討と提案する教材の概要

3.1 タブレット端末を利用する必要性の検討

タブレット端末を利用して「(3) プログラムによる計測・制御」の指導を行うためには、タブレット端末を利用する必要性が高くなければならない。例えば、2章で述べた「(1) 情報通信ネットワークと情報モラル」の各実践は、タブレット端末の可搬性の高さを活かして生徒同士の討議活動と、体験活動を両立させることができる。また、「(2) デジタル作品の設計・制作」の各実践は、コンピュータとデジタルカメラなどを組み合わせることで同様の授業が構想できるが、タブレット端末を利用することで生徒に使用させる機器が1台で済み、簡単な写真の編集や撮り直しが必要であるかの判断が撮影場所ですぐ実施できる。そのため、上記の各実践は、タブレット端末を利用する必要性が高いものであると考えられる。

同様に、「(3) プログラムによる計測・制御」の指導においてタブレット端末を利用する必要性を検討したところ、以下三点の利点が想定された。

- (ア) タブレット端末から外部機器の計測・制御を行う興味・関心
- (イ) プログラムの移植性についての理解

(ウ) タブレット端末が装備する各種センサの活用

(ア) タブレット端末から外部機器の計測・制御を行う興味・関心とは、技術科以外の教科でも利用する生徒にとって身近なタブレット端末で、プログラムによる計測・制御を行うという意外性が生徒の興味や関心が深めると考えられることである。「(3) プログラムによる計測・制御」の指導では、コンピュータから制御を行うロボット教材が外部機器として多く利用されているが、他教科ではタブレット端末を利用するときに外部機器を扱わず、教材コンテンツの消費が主な利用方法として想定されている¹⁹⁾。そのため、タブレット端末で外部機器を制御する学習が生徒の興味や関心を深める活動になる。

(イ) プログラムの移植性についての理解とは²⁰⁾、コンピュータとタブレット端末の双方から外部機器を同じように制御することができれば、制御側の機器の種類や性能よりもプログラムが同じように送信できることのほうが重要であることを理解できるということである。これまでの「(3) プログラムによる計測・制御」の指導では、コンピュータから外部機器を制御することが想定されていた。そのため、「コンピュータでなければ外部機器を制御できない」という誤った認識を与える可能性がある。タブレット端末もコンピュータの一種であり、プログラムを外部機器に対してコンピュータと同様に送信することができれば、タブレット端末でも同様の指導が可能である。つまり、制御するためのデバイスを問わない教材（外部機器）があれば、制御する手段は問わないことが体験的に理解できるため、コンピュータの構成や動作原理についての正しい認識を生徒に与えることが可能になる。

(ウ) タブレット端末が装備する各種センサの活用とは、タブレット端末が装備する各種のアナログセンサ（カメラ、マイク、照度等）を利用することができれば、計測した値を取得し、その値を利用してプログラムに反映させる学習が、導入が想定される情報端末でも実践できるということである。なぜならば、情報端末は生徒一人1台の整備が目指されているので、情報端末にタブレット端末と同様の各種アナログセンサが装備されれば、生徒一人1台の計測・制御教材が用意されることと同じ意味を持つ。

上記の検討より、タブレット端末を利用して「(3) プログラムによる計測・制御」の指導を行う必要性は十分あると考えられる。

3.2 提案する教材の概要

前節の検討を踏まえ、図1に示す音声により制御することができるロボット教材を考案した。

音声を利用する理由は、情報端末が備える機能に音声出力機能が搭載される見込みが高いこと、現状の中学校のコンピュータ室に配備されているコンピュータにも音声出力機能が必ず搭載されていること、セキュリティが厳しい学校現場でも新たにデバイスドライバを導入する必要がないため容易に導入が可能であることが挙げられる。また環境面以外に、送信時にメロディとしてプログラムを送信することで、情報が音に変換されて通信していることが聴覚から実感できるため、生徒の興味や関心を高めることができると考えた。

ロボット教材を選択した理由は、課題解決型の学習として子供の関心、意欲、態度が向上することや、電気、機械、プログラミング、計測・制御などのものづくりに必要な多くの要素を総合的に学習できる教材であるためである²¹⁾⁻²³⁾。音声信号により制御を行うロボット教材を調査したところ、教材会社Eより「光センサー・プログラミングカー」として市販されていることがわかった。この教材は、コンピュータ上のプログラミング開発環境で機能や役割を持つ図

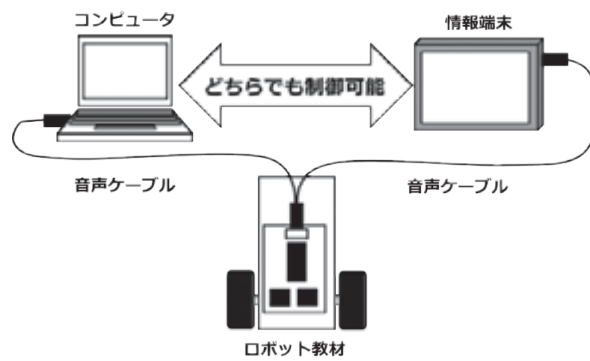


図1 提案するロボット教材

形を組み合わせることでプログラミングを行い、対象となるロボットに音声信号によりプログラムを送信する機能を有する。しかし、この教材の音声は通信時間の短縮のため、圧縮された雑音によってプログラムが送信されており、本提案のようなメロディを奏することはできない。また、制御命令のデータ形式が公開されていないため、タブレット端末側からロボットを制御するための信号を生成するソフトウェアを開発することができない。さらに、技術科の他の指導内容との関連が検討されていないため、教科内での系統的な指導が行いにくい。

そこで、筆者らは提案に基づくロボット教材を開発するために計測・制御基板と対応するソフトウェアの開発を行った。

4. 開発した教材

4.1 命令規格

命令規格として、命令10ビット、引数10ビットの計20ビットとした音声信号を策定した。通信は調歩同期式で行い、図2に示すように送信データ部800ミリ秒と制御データ部400ミリ秒の計1200ミリ秒の信号を送信する。送信データ部は「ラ」(440Hz)の音の有無により0か1を判断し、8ビットのデジタルデータを送信する。制御データ部はスタートビットに「ドレミ」、ストップビットに「ミレド」の音を出力する。表2は、策定した音声信号に基づいたロボット教材を制御する命令の一覧である。なお、命令コードの「・」は無音状態を意味する。

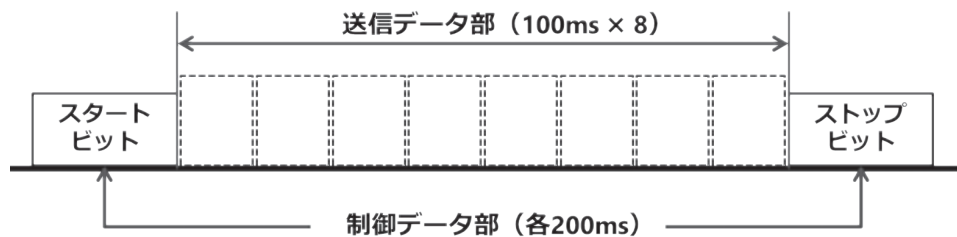


図2 音声信号の構成

表2 命令一覧

命令	2進数コード	命令コード
前進	00000001ラ
後退	00000010ラ・
右回り	00000100ラ..
左回り	00001000ラ...

4.2 開発したロボット教材

開発したロボット教材の基板の回路図を図3に示す。また、図4は開発した基板の外観であり、表3は基板製作に必要な部品の一覧である。

制御用マイクロコンピュータはMicrochip Technology社製のPIC18F2550を使用した。電源部は制御用マイクロコンピュータを安定的に動作させるため、三端子レギュレータによる定電圧回路を利用している。モータドライバは電流を増幅させる機能を持ち、制御用マイクロコンピュータから流れる電流を増幅することで、DCモータの正転や逆転、停止を制御することが

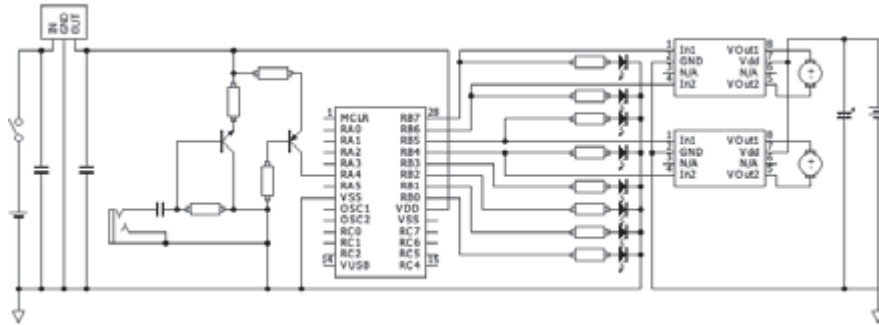


図3 制御基板の回路図

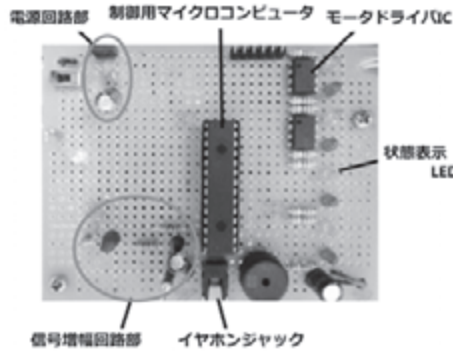


図4 開発基板の外観

表3 開発基板の部品一覧

番号	名称	型番	個数	備考
1	制御用マイクロコンピュータ	PIC18F2550	1	
2	モータドライバIC	LB1639	2	
3	三端子レギュレータ	TA4805S	1	電源回路部
4	コンデンサ	0.1 μ F	3	電源回路部, 信号増幅回路部
5		47 μ F	2	モータノイズ対策
6		100 μ F	2	電源回路部, 信号増幅回路部
7	トランジスタ	2SA950	1	
8		2SC1815	1	
9	抵抗	330 Ω	9	状態表示 LED, 通電確認
10		6.2k Ω	3	信号増幅回路部
11		130 Ω	1	信号増幅回路部
12	LED		9	赤 4, 緑 4, 通電確認 1
13	直流モータ	FA-130RA	2	
14	電池	9V 形	1	基板用
15		単 3 形	2	モータ用

できる。イヤホンジャックは音声信号を受信するためのインタフェースであり、開発したロボット教材では左チャンネル側の信号を利用している。トランジスタは音声信号を増幅することで、制御用マイクロコンピュータが0と1を区別することができるように利用している。

制御用マイクロコンピュータのファームウェア開発にはMicrochip Technology社製の総合開発環境であるMPLAB IDE Version8.73aを使用し、コンパイラには同社製のMPLAB C18 C Compiler Version3.40を使用した。音声信号の検出には制御用マイクロコンピュータがもつゲート機能を利用した。ゲート機能は一定時間の間に入力される信号の周波数をカウントすることができる機能である。音声信号の検出から、実際にモータ制御をおこなうまでの流れを図5に示す。

4.3 コンピュータにおける制御ソフトウェア

コンピュータでロボット教材を制御するためのソフトウェアとして、教育用プログラミング言語「ドリトル」を利用した²⁴⁾。図6は「ドリトル」の実行画面である。

「ドリトル」は日本語による入力可能なオブジェクト指向言語であり、簡単な構文によりプログラムを製作することが可能である。図7はドリトルで制作したプログラムの例である。なお、図6の左側の数字は行番号を表しているが、これは解説に利用するために付与したものであり実際のプログラムに入力する必要はない。1行目と2行目は制御データ部の信号を規定している。「ドリトル」では標準機能として音声信号を「ドレミファソラシ」の音階で記入することで作成ができるため、容易に作成することができる。また、各音階の後ろに付随する数字は16分音符であることを示している。3行目は二つのスラッシュから始まるコメント文である。4行目はロボット教材に送信するプログラムを音声信号とするため、「ドリトル」のメロディオブジェクトのインスタンスを作成している。これにより、プログラムを音階として格納することが可能になる。5行目から8行目は、ロボット教材に実際に送信される制御プログラムの内容である。「・」は休符のため0を意味し、「ラ」は1を意味する。6行目を0と1で表現すると「00000010」であり、これを2進数と捉えて10進数に直すと2となる。この数字は、次の行に記述される命令

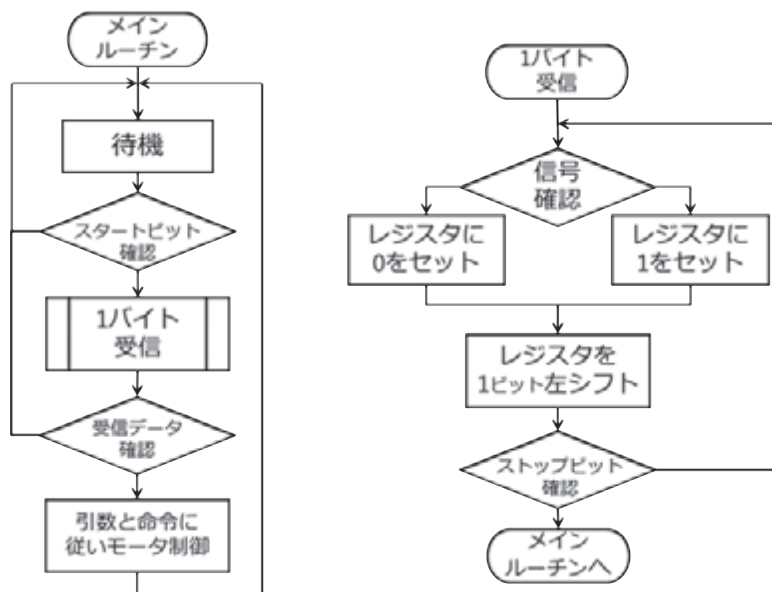


図5 制御用マイクロコンピュータの処理の流れ



図6 プログラミング言語「ドリトル」

の引数となる。同様に、7行目を2進数で表現すると「00000001」となる。これは、表2で示した前進命令を意味する2進数コードと同じになる。そのため、このプログラムの例は2秒間前進を実行する。9行目はプログラムを実際にロボット教材に送信するための命令である。

```

1 スタートビット="ド 16 レ 16 ミ 16"。
2 エンドビット="ミ 16 レ 16 ド 16"。
3 // ここから動作プログラム
4 プログラム=メロディ！作る。
5 プログラム！（スタートビット）追加。
6 プログラム！"・16・16・16・16・16・16 ラ 16・16"追加。
7 プログラム！"・16・16・16・16・16・16 ラ 16"追加。
8 プログラム！（エンドビット）追加。
9 プログラム！演奏。

```

図7 サンプルプログラム

4.4 タブレット端末における制御ソフトウェア

情報端末に相当すると考えられるタブレット端末として、OSにAndroidを搭載するタブレット端末を利用して、制御ソフトウェアを開発した。開発したソフトウェアの画面を図8に示す。このソフトウェアは図2の信号構成に基づき音声出力を行う。生徒は決められたパターンとして用意された7種類の音声信号（順に「1秒前進、1秒後退、1秒右回り、1秒左回り、2秒前進、2秒後退、1秒前進・1秒後退」）を順次再生することで、コンピュータと同様に制御することが可能である。生徒が明示的にプログラムをすることはできないが、コンピュータと同様の音声信号が出力されていることは確認することができる。なお、本ソフトウェアはhttp://163.43.162.38/?page_id=452で公開している。

5. 授業計画

開発したロボット教材を利用した授業計画を検討し、表4にまとめた。授業は技術科の「D情報に関する技術」を指導するために計画し、全部で12時間扱いである。表4のNo.1では「ドリトル」の基本的な操作やプログラムの構造を理解させるために簡単なソフトウェアとしてお絵かきソフトウェアを作成させる。ここで、順次、反復、分岐の制御構造についてや、オブジェ

MainActivity	実行される内容
パターン 1	← 1秒 前進
パターン 2	← 1秒 後退
パターン 3	← 1秒 右回り
パターン 4	← 1秒 左回り
パターン 5	← 2秒 前進
パターン 6	← 2秒 後退
パターン 7	← 1秒 前進, 1秒 後退

図8 タブレット用ソフトウェア

表4 授業計画

No.	授業内容	時間数	備考
1	「ドリトル」によるソフトウェア制作	6	「ドリトル」の基本的な操作の習得をめざし、順次、反復、分岐の制御構造を学習する。
2	「ドリトル」による楽曲作成	3	メロディ作成方法の習得とともに、プログラムについての理解を深める。
3	「ドリトル」によるロボット制御	2	メロディ作成の知識を踏まえて、ロボット制御学習を行う。
4	計測・制御学習のまとめ	1	タブレット端末から制御できることを確認し、計測・制御について理解を深める。

クト指向の考え方について学習を行う。表4のNo.2では「ドリトル」により楽曲を作成する作業を通して、楽曲とプログラムが近い関係であることを示しながら、プログラム作成に対する興味や関心を深めさせる。表4のNo.3ではNo.2での学習を踏まえて、音階で制御することができる開発したロボット教材を提示する。これにより、これまでの学習を踏まえて制御学習に移行することができる。表4のNo.4では開発したロボット教材の特徴であるタブレット端末からの制御を体験することで、生徒にタブレット端末でロボットを制御する意外性に基づく興味・関心を与え、プログラムの汎用性について体験的な理解が得られると考えられる。

6. まとめ

今後学校で導入が検討される情報端末を想定し、市販のタブレット端末から音声信号で制御することができる計測・制御教材の開発を行った。これにより、平成25年現在において実践報告が行われていない「(3) プログラムによる計測・制御」の指導が可能になったと考えられる。開発にあたり、タブレット端末を利用する必要性を検討した結果、(ア) タブレット端末から外部機器の計測・制御を行う意外性、(イ) プログラムの汎用性についての理解、(ウ) タブレット端末が装備する各種センサの活用、という三点の利点を想定した。今回開発した計測・制御教材は、上記(ア)と(イ)に関しては満たすことができたと考えられるが、(ウ)については、タブレット端末が装備する各種センサを活用するまでに至らなかった。この点については、今後の改善を行っていきたい。しかし、タブレット端末を教材コンテンツの表示装置としてではなく、コンピュータとして外部機器を制御するために利用する取り組みは他の教科ではない。

そのため、今回開発した計測・制御教材は、導入が検討される情報端末の仕様策定（例えば、外部出力端子、センサ搭載の有無など）に影響を与えることができるものである。また、「(3) プログラムによる計測・制御」を指導するための教材としては、音声信号を利用してコンピュータやタブレット端末と通信を行うことで、生徒にコンピュータが理解できる2進数についての基本的な知識を聴覚に基づいて理解させることができたり、コンピュータ以外の機器からでも信号の構成が正しければ制御が可能であることを体験的に理解できたりする。このことは、信号を五感で体感することができない無線接続通信や他の有線接続通信に対する教材としての優位点である。さらに、授業計画において技術科の情報に関する他の指導項目にも関連を持たせているため、単なる作業にならない系統的な指導が実践できる。

今後の課題として、ロボット教材の制御命令に分岐を扱う命令が無いため、ロボットが自律的に動作できるように命令の追加とスイッチやアナログセンサの追加を検討している。さらに、タブレット端末を有効に活用する教材として、特にタッチパネルを活かした教材の開発も進めていく必要がある。

参考文献

- 1) 総務省：フューチャースクール推進事業，資料入手先http://www.soumu.go.jp/main/sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/future_school.html（最終アクセス2013.9.15）
- 2) 文部科学省：「教育の情報化ビジョン」の公表について，資料入手先http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm（最終アクセス2013.9.15）
- 3) 文部科学省：中学校学習指導要領（平成10年12月），http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/cs/1320061.htm
- 4) 文部科学省：中学校学習指導要領，http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/
- 5) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，教育図書，2008，p.4
- 6) 同上，p.9
- 7) 松阪市：[平成24年度松阪市] フューチャースクール推進事業成果報告書，2013，p.88
- 8) 国立大学法人上越教育大学：平成24年度フューチャースクール推進授業成果報告書，2013，p.157
- 9) 和歌山市，平成24年度フューチャースクール推進事業成果報告書，2013，p.297
- 10) 葉山泰三，谷口義昭：タブレット型コンピュータを活用した技術の授業実践研究－レゴ・ブロックを用いたロボット製作の授業－，奈良教育大学紀要，第61巻，第1号（人文・社会），2012，pp.177-182
- 11) 一般社団法人日本教育工学振興会：シンガポール・教育の情報化状況実態調査報告，資料入手先 http://www.japet.or.jp/Top/Cabinet/?action=cabinet_action_main_download&block_id=12&room_id=66&cabinet_id=1&file_id=180&upload_id=860（最終アクセス2013.9.15）
- 12) 韓国教育學術情報院（KERIS）：2011教育情報化白書（日本語要約版），資料入手先 http://www.keris.or.kr/english/whitepaper/WhitePaper_japan_2011_wpap.pdf（最終アクセス2013.9.15）
- 13) 一般社団法人日本教育工学振興会，日本マイクロソフト株式会社：学校でのICT活用に

- ついでの実態調査と教育の情報化への提言, 資料入手先 http://www.japet.or.jp/Top/Cabinet/?action=cabinet_action_main_download&block_id=12&room_id=66&cabinet_id=1&file_id=182&upload_id=862 (最終アクセス2013.9.15)
- 14) 経済産業省, 産業構造審議会産業競争力部会報告書～産業構造ビジョン 2010～, 資料入手先 <http://www.meti.go.jp/committee/summary/0004660/vision2010a.pdf> (最終アクセス2013.9.15)
 - 15) 高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部 (IT 総合戦略本部): 新たな情報通信技術戦略, 資料入手先 <http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/100511honbun.pdf> (最終アクセス2013.9.15)
 - 16) 文部科学省: 未来を拓く学び・学校創造戦略 (学びのイノベーション事業), 資料入手先 http://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afieldfile/2010/09/30/1297939_4_1.pdf (最終アクセス2013.9.15)
 - 17) デジタル教科書教材協議会 DiTT, <http://ditt.jp/> (最終アクセス2013.9.15)
 - 18) 中村伊知哉, 石戸奈々子: デジタル教科書革命, ソフトバンククリエイティブ, 2010, pp.235-236
 - 19) 新井紀子: ほんとうにいいの? デジタル教科書, 岩波ブックレット No.859, 2012, p.6
 - 20) ブライアン・カーニハン, ロブ・パイク: プログラミング作法 (福崎俊博 訳), アスキー・メディアワークス, 2000, p.259
 - 21) 森慎之介: ロボット教材を用いた制御・プログラミング学習の授業実践と作業分析, 日本産業技術教育学会誌, 第47巻, 第3号, 2005, pp.201-207
 - 22) 嶋田彰子, : 自律型ロボット教材を活用したプログラムと計測・制御学習に関する授業方法の開発と評価, 日本産業技術教育学会誌, 第49巻, 第4号, 2007, pp.297-305
 - 23) 針谷安男, : プログラムによる計測・制御学習の授業実践とその学習効果の検証, 日本産業技術教育学会誌, 第52巻, 第3号, 2010, pp.205-214
 - 24) 兼宗進: プログラミング言語「ドリトル」, <http://dolittle.eplang.jp/> (最終アクセス2013.9.24)