

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23700973

研究課題名(和文) デジタルファブリケーションによる次世代型ものづくり教育カリキュラムの開発

研究課題名(英文) Development on the next generation MONODUKURI (making things) curriculums using digital fabrication technologies

研究代表者

森 秀樹 (Mori, Hideki)

大阪大学・教育学習支援センター・特任講師

研究者番号：30527776

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：新しいものづくり教育として、埋め込み型コンピュータとプログラミングを活用した5種類の小学校向け授業カリキュラムを開発した。

具体的には、小学3年生と4年生を対象とした2種類の35時間の授業カリキュラムを開発し、通年の実践を行った。また、小学校高学年向けの2時間の授業カリキュラムと小学校全学年向けの20分の体験的授業カリキュラムを開発し、それぞれ京都府・大阪府の公立小学校3校で約500名を対象に実践した。

さらにPC無しでもプログラミング可能な埋め込み型コンピュータ「Programmable Battery」を開発し、小学生向けの3時間のものづくりワークショップカリキュラムを開発、実践した。

研究成果の概要(英文)：As next generation MONODUKURI (making things) curriculums, five new MONODUKURI curriculums for elementary school have been developed using small embedded computers.

I developed 35 hours workshops for 4th and 5th graders, and practiced them at two elementary schools. The short versions have also been developed. Two hour workshop for 4th and 5th graders and 20 minutes workshop curriculum for all(1st to 6th) graders were developed and practiced for approximately five hundred students at three public elementary schools in Kyoto and Osaka area.

As a new device for digital fabrications, the tiny programmable computer called "Programmable Battery" with which even younger graders can make simple programs combining "on", "off" and "wait" without PC has been developed. 3 hours Programmable Battery workshop to design / make simple computer and program controlled toys has also been developed and practiced for elementary school students.

研究分野：科学教育・教育工学

科研費の分科・細目：教育工学

キーワード：ものづくり教育 プログラミング デジタルファブリケーション

1. 研究開始当初の背景

教育における「ものづくり」の重要性が高まっている。2008年1月に発表された中央教育審議会の答申「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について」によれば、学年・教科の枠組みを越えて重点を置くべき項目として、ものづくりが挙げられており、新しいものづくり教育カリキュラム開発が急務となっている。一方で、子供たちのものづくり経験そのものが減少していることも近年指摘されている。従来、多くの子供たちがものづくりの題材としていたものに、玩具がある。現在の子供たちが遊ぶ玩具に目を向けてみると、テレビゲームは言うまでもなく、市販されている多くの玩具には、コンピュータが埋め込まれ、プログラムによって、動き、光り、音が鳴るよう制御されている。また、身の回りのものに目を向けてみると、家電製品をはじめ多くのものにコンピュータが埋め込まれている。既に子供たちにとって、「コンピュータが埋め込まれたもの」は身近な存在となっているが、実際にコンピュータを埋め込んだものづくりを体験する機会は殆どない。また、先の中教審答申では、ものづくりと同様に重点項目として、情報教育も挙げている。

一方、ものづくり(特にプログラミング)と学びの視点から、MITでは40年以上に渡り、教材開発が続けられている。1960年代後半に子供向けプログラミング言語として開発されたLogoは、1980年代にはパーソナルコンピュータの学校現場への普及と合わせて、広く学校へ普及した。以降、Logo言語を使って数千単位のオブジェクトを同時に動かしながらシミュレーションすることができるStarLogoや、接続されたモータやセンサをLogo言語で制御するLego/LogoやProgrammable Bricks、Cricket*、さらにはScratch**へと開発が続けられている。これらの教材開発の背景には、Logo開発者シーモ

ア・パパートによるものづくりを通じた教育・学習理論「コンストラクショニズム」がある。また、近年は社会的構成主義への注目を背景に、コミュニケーションを通じた学習も意識されている。Scratchではインターネット上での作品の共有機能が備えられているほか、Cricket等のツールを使った授業やワークショップでも協同性や共有を意識した学習環境デザインが行われている。

*Cricketは、乾電池で動くプログラム可能なコンピュータ。モータや各種センサ(光、音、タッチ、抵抗)やスピーカ(MIDI音源)、ライト(3色LED)を接続し、PC上でLogo言語を元にしたブロック型のプログラミング環境を使ってプログラミング制御することができる。一度PCから赤外線を使ってCricketへ送信したプログラムは、Cricket本体に記憶され、Cricket単体で何度でもプログラム実行できる。

**Scratchは、誰でも簡単にゲームやアニメーション、アート作品などが作成できるプログラミング環境。ブロック型のコマンドを使って、画面上のオブジェクトを制御する。Scratchの共有ボタンを押すことで、自動的に作品をインターネット上に公開できる。Scratch本体は、インターネット上で無償公開されている。

2. 研究の目的

本研究ではものづくりと情報教育の連動カリキュラムとして、小学生を対象に情報機器を活用したものづくりカリキュラムを開発することを目的とする。特に本研究では、「教育の情報化に関する手引き」(文部科学省2009)で児童生徒が育むべき能力されている「情報活用の実践力」、「情報の科学的理解」への積極的な取り組みとして、プログラミングに着目しカリキュラム開発を行う。

既にプログラミング制御を行うための教材として、ロボット学習教材が多く市販されている。またそれらを用いた授業やワークショップ、ロボットコンテストなどのイベントも実施されて

いる。しかし、ロボットコンテストへの参加者の大半を男子児童生徒が占めているように、性別間で興味に差が出ていることも事実である。本研究では、様々な身近にある工作材料と組み合わせることで、ロボットに限らない幅広い作品づくりを可能として、女子児童生徒にも興味を持てるように米国マサチューセッツ工科大学（MIT）で開発された「Cricket」などを教材としたカリキュラム開発を行う。モータや LED、サウンドがプログラミング制御できる Cricket は、プログラムの結果を実際に動きや光り、音などで確認することができるため、直感的に理解しやすい。

また近年、「フィジカルコンピューティング」流行の背景ともなった「Arduino」や「Gainer」等の新しいデバイスやプログラミング環境についても活用の検討を行うとともに、PC 無しでプログラミング可能な簡易制御デバイスを開発し、Cricket と共に用い、小学校低学年から高学年まで系統的なプログラミングを取入れたものづくり教育カリキュラムの開発を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、カリキュラム開発、ツール開発ともに実際に小学校や博物館などの社会教育関連施設などで、授業やワークショップを実践しながら、形成的評価を通して開発を進める。また実践結果について、児童の活用や作品、感想などを多面的に分析し、カリキュラム評価を試みる。

4. 研究成果

新しいものづくり教育として、埋め込み型コンピュータとプログラミングを活用した小学校向けものづくり授業カリキュラムを開発した。

具体的には、小学3年生と4年生を対象に、Cricket を用いて、年間授業として2種類の

35時間の授業カリキュラムを開発し、通年の実践を行った。また、小学校高学年向けの2時間の授業カリキュラムと小学校全学年向けの20分の体験的授業カリキュラムを開発し、それぞれ京都府・大阪府の公立小学校3校で約500名を対象に実践した。

さらに PC 無しでもプログラミング可能な埋め込み型コンピュータ「Programmable Battery（プログラマブルバッテリー）」を開発し、小学生向けの3時間のものづくりワークショップカリキュラムを開発、実践した。ここでは、Cricket を用いて年間授業としてデザインした2つのものづくり教育カリキュラムと、全学年を対象としたプログラマブルバッテリーを活用したものづくり教育カリキュラムについて報告する。

4-1. 小学3年生向けカリキュラム（35時間）

小型プログラマブルコンピュータ「Cricket」を用いたものづくり授業カリキュラムを開発した。授業は大きく3つのフェーズで構成した。まず、フェーズ として Cricket に慣れることを目的に、Cricket へのプログラミングを試しながら、2名1組のグループによる作品づくりを行なった。次にフェーズ では、モータの回転を様々な動きに変える仕組みづくりを行い、2名1組のグループ及び個人で作品づくりに活かした。また、最終のフェーズ では、総合的な学習の時間で並行して学習を進めていた近隣のお店を題材に、2~4名でグループを作り、今までの学習を応用した作品づくりを行った。

本授業は、公立 A 小学校の3年生1クラスを対象に、主に総合的な学習の時間を使い、計34時間の実践を行った。授業は、主に家庭科室や集会室などの特別教室を使い、ノート型コンピュータや Cricket とモータやライト、スピーカなどのパーツ、ブロック、工作材料を持ち込んで実施した。また授業の運営は、担任教諭を中心に筆者が授業支援に関わるチームティーティングとして行った。次に各フェーズの授業について説明する。

フェーズ : Cricket に慣れる

まず Cricket に慣れることを目標に、Cricket とモータ、スピーカ、ライトのみを取り扱った。Cricket と各パーツの繋ぎ方、コンピュータ上でのプログラミング、プログラムの Cricket へのダウンロード、プログラムの実行方法について説明した。また、プログラムで扱うコマンドは、段階的に説明した。さらに、Cricket を使った作品づくりに慣れるため、実物サンプルとビデオで作品例を紹介し、2 回目から 4 回目の授業では、ブロックと工作用材料を使った作品づくりに 2 名 1 組のグループで取り組んだ。毎回、授業の最後に作品発表を行った。また各授業後には、児童が「発見したこと」、「これからやってみようこと」、「分からないこと・手伝いがほしいこと」、「必要なものやこと」について書き出してもらい、次回授業の進め方の参考にした。

フェーズ : 動きの仕組みづくり

次に、児童が製作する作品に、単純なモータの回転だけではなく、様々な動きを取り入れることができるよう、モータの回転を前後の動きなど、他の動きに変える動きの仕組みづくりに取り組んだ。ギアやカム、シャフトなど約 100 種類のパーツを用い、動きの仕組みのサンプルと組立説明書を用意し、動きの仕組みを使った作品づくりに取り組んだ。いずれの児童も 10 分～15 分程度でサンプルの動きの仕組みを組み立てることができた。また、より複雑なモータの制御ができるよう、モータの回転速度を制御する「モーター強さ」のコマンドと、繰り返しのプログラムコマンドを活用するなど、プログラムを工夫することでも動きすることでも動きに変化が出ることも紹介した。本フェーズでは、最初の 2 回を 2 名 1 組でのグループ作業とし、残りの 3 回を個人での活動とした。フェーズ

よりフェーズ のはじめまでの活動が、グループによるものあったため、個人のプログラミングや製作の理解も深めるため、個人での活動機会を設けた。

フェーズ : 最終作品づくり

今までの学習の応用として、総合的な学習の時間で並行して進めていた近隣のお店に関する学習を活かし、お店を紹介する作品づくりにグループで取り組んだ。希望する児童には新しくセンサの使い方と条件分岐を活用したプログラミングの方法、メロディの作り方について説明を加えた。計 4 回の作品づくりの半ばで、中間発表を行い、製作の経過を発表するとともに、他グループの児童からアドバイスを受ける機会を設けた。その後、作品の仕上げと作品発表を行った。さらに題材としたお店の方に完成した作品を見せるため、作品とメッセージをビデオ録画した。

4-2. 小学 4 年生向けカリキュラム (35 時間)

授業は、「研究活動」をメタファに大きく 4 つのフェーズでカリキュラムを構成した。まず、

授業で用いる製作ツールとしての Cricket を知る、ツールに慣れるために、「クリケット研究」として各自で機能を試し、その後の研究課題を考える。その後、グループもしくは個人で、今まで親しんできた玩具に、新しい命を与える(新しい玩具を生み出す)ことをテーマに「おもちゃ研究」を行い、最後に、研究成果をまとめて、ポスター形式で発表を行った。

授業実践は、奈良女子大学附属小学校 4 年生 1 クラス 39 名を対象に、同校で実施している「情報」と「しごと学習」の時間を利用して、2011 年 11 月より 2012 年 5 月まで、各回約 50 分から 100 分の授業(1 校時+休み時間、2 校時+休み時間を利用)として、計 16 回の授業として実施した。授業のまとめとして、各自の研究成果をまとめる作業を春休みの課題とし、最後の研究発表会のみを 5 年次に実施した。次に、4 つの授業フ

フェーズについて説明する。

フェーズ : イントロダクション

まずはイントロダクションとして、第1回目の授業を児童が初めて触る Cricket に慣れることを目的に実施した。筆者からサンプル作品として、音に反応して動く作品を見せた後、モータ、LED ライト、スピーカの Cricket への接続方法と、それらを制御する簡単なプログラムの作成と、プログラムのダウンロードと実行方法を説明した。その後、2名1組に分かれて、実際に Cricket を試してみた。また、本授業について、保護者に理解していただくために、第1回目を授業参観日に実施し、保護者に児童の学習の活動の様子を見てもらうとともに、授業後に保護者向けの Cricket 体験会も行い、本授業のねらいや Cricket 開発のコンセプトなども説明した。

フェーズ : クリケット研究

クリケットの機能について、より深く理解するために「クリケット研究」として、2名1組で活動を行った。5回の授業では、Cricketの基本的な使い方の復習からはじまり、繰り返しや条件分岐など徐々にプログラミングの難易度をあげながら、新しいコマンドの使い方を説明した。最終的には、各グループで新しいコマンドブロックの機能について発見するよう、児童をうながした。論理式の使い方や Cricket の入出力ポートの設定方法など、教師から説明していない機能を、児童が多数発見した。発見した機能は、授業中にクラスで発表し、共有した。また、おもちゃづくりへの導入として、Cricket から専用モータ以外にも電池で動く玩具などへ電源供給ができることを紹介した。Cricket とセンサやモータボードを繋ぐケーブル(マイクロUSB規格)から、豆電球に直接電源がとれることに気づくなど、様々な発見をする児童の様子がみられた。

フェーズ : おもちゃ研究

Cricket の機能について、前項の Cricket 研究のフェーズでハードウェアとソフトウェア面での理解を深めた後、既存のおもちゃと Cricket を組み合わせて、新しいデジタルおもちゃを開発する「おもちゃ研究」のフェーズへ移った。電池で動く電車おもちゃやラジコンカー、木のおもちゃ、ぬいぐるみなど組み合わせたおもちゃ毎に10のグループをつくり、9回にわたって研究をすすめた。

フェーズ : 研究発表会

本授業の最終回では、保護者を招き、ポスター発表形式の研究発表会を実施した。発表会では熱心に自分たちのグループの研究発表をするとともに、他のグループの発表にも積極的に聞き入り、メモをとる児童の様子が見られた。発表会後の授業のふり振り返りノートからは、「今度発表する時にはもっとゆっくり短く切って発表したい」など、発表そのものへの感想や、「自分がさりげなくしていた工夫していたことも自分で分かってきました。」など、発表することからの気づきや、「同じようなテーマで進めている人と話し合っ、どのようなところがだめだと思えるかきいてみたいです。」など、次のステップに向けて具体的な進め方を考えているものなどが見られた。さらには、「(ぼくの作品には)『暗い〜ライトがつく』『スイッチを押される〜止まる(車が)』機能がついていて、その車を見たら、さんがライトの機能はしん災の時に使えるのではないかとっていました。しかし、ぼくの頭の中には、別の考えがうかんでいました。ぼくの教室では昼間電気をつけるかつけないかで言い合いをしていました。(中略)ぼくの教室に、もし〜暗いとライトをつけるというプログラムをくみこんだら、この問題をかいけつできるのではないかという試みです。」というように、Cricket を使った研究が日常生活での課題の解決へと広がっているものも見られた。

4-3. Programmable Battery ワークショップ (小学校全学年向け 3 時間)

いつでもどこでも誰とでも、ものづくりが楽しめることを目指し、コンピュータ無しでも簡易なプログラムを作成・再生可能なツールとして Programmable Battery(プログラマブルバッテリー)を開発した(図 1)。プログラマブルバッテリーには、モータや LED、各種スイッチなどを接続することができ、PC 無しでプログラマブルバッテリー上のボタン操作のみで、LED やモータなどの出力デバイスのオン・オフのパターンを記録させることができる。PC 無しでプログラムができることにより、低学年児でも簡単にものづくりのツールとして扱うことができ、また屋外など場所を選ばずに、植物などの自然の中の材料を活用したものづくりも可能になる。

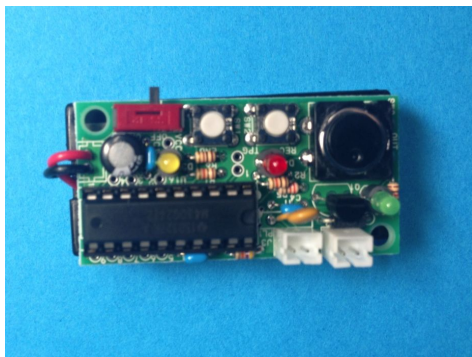


図 1 プログラマブルバッテリー

ワークショップでは、プログラマブルバッテリーの使い方として、モータ等の繋ぎ方とプログラムの記録・再生方法説明を 5 分程度で実施した後、ブロック等との組み合わせによる作品づくりを行い、最後に作品発表を行う流れとした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

森秀樹、竹村郷、明石千佳、村田香子、梅原祥平、齋藤長行、Cricket を用いた小学校ワークショップ型ものづくり授業カリキュラムの開発、大阪大学教育学年報、査

読有、第 19 号、2014、pp.111-124

森秀樹、小学生のための新しいものづくり教育、生産と技術、査読無、Vol.65(4)、2013、pp.49-52

森秀樹、杉澤学、前迫孝憲、デジタルおもちゃづくりを取り入れた小学校ものづくり授業の実践、大阪大学教育学年報、査読有、第 18 号、2013、pp.125-141

森秀樹、武田俊之、制御プログラミングを取り入れた文系大学生向け情報教育の実践、大阪大学教育学年報、査読有、第 17 号、2012、pp.101-112

〔学会発表〕(計 2 件)

Hideki MORI、Programmable Battery

- a computer-embedded MONODUKURI

(“making things”) device for anyone -, FabLearn2013、2013 (DEMO Session)

森秀樹、杉澤学、前迫孝憲、デジタルおもちゃづくりを取り入れた小学校ものづくり授業、日本教育工学会第 28 回全国大会講演論文集、2012、pp.871-872

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 秀樹 (MORI, Hideki)

研究者番号 : 30527776