

機関番号：14401  
 研究種目：研究活動スタート支援  
 研究期間：2009～2010  
 課題番号：21830065  
 研究課題名（和文） 情報機器を活用した小学生向けものづくり教育カリキュラムの開発  
 研究課題名（英文） Development of ICT enhanced MONODUKURI Curriculum for Elementary School Students  
 研究代表者  
 森 秀樹 (MORI HIDEKI)  
 大阪大学・人間科学研究科・助教  
 研究者番号：30527776

## 研究成果の概要（和文）：

マサチューセッツ工科大学が開発した小型プログラマブルコンピュータ「Cricket」とグラフィカルなプログラミング環境「Scratch」を用いて、小学生向けにコンピュータとプログラミングを活用したものづくり教育カリキュラムを開発し、小学校での授業実践を行った。結果、これらのツールを用いることで小学校高学年段階でも、コンピュータを活用し、繰り返しや条件分岐等のプログラミングコンセプトを取り入れたものづくりが可能となることが明らかになった。

## 研究成果の概要（英文）：

ICT enhanced MONODUKURI(Making Things) Curriculums for elementary school students have been developed and practiced. This study showed that late elementary grades can program and make their own products using important programming concepts such as repeat and conditional branching, by using tiny programmable computer “Cricket” and programming environment “Scratch” developed at the MIT Media Laboratory.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,020,000	306,000	1,326,000
2010年度	710,000	213,000	923,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,730,000	519,000	2,249,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学・教科教育学

キーワード：ものづくり教育、情報教育、プログラミング

## 1. 研究開始当初の背景

## (1)ものづくり教育と情報教育の重要性

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、ものづくりと情報教育が食育等とともに挙げられて

おり、新しいカリキュラム開発が急務となっている。

## (2)身近な存在としてのコンピュータ

現代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ても、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。このように、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活用したものづくりや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。

### (3)ものづくりツールの開発

コンピュータ、特にプログラミングをものづくりに活用するためには、知識や技術が必要であり、一部の専門家に限られていた。しかし近年、コンピュータ技術の進歩により、ブロックを組み立てるようにプログラミングが可能性なグラフィカルなインターフェースを持つプログラミング環境やハードウェアに関する専門技術なしに、パーツを組み合わせることで利用できるツールなどが米国マサチューセッツ工科大学メディアラボの研究グループを中心に開発されている。

## 2. 研究の目的

上記の研究背景より、本研究ではものづくり教育と情報教育の連携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（特にプログラミングを活用したものづくり）教育カリキュラムを開発することを目的とする。

## 3. 研究の方法

マサチューセッツ工科大学メディアラボが開発した小型プログラマブルコンピュータ「Cricket」(図1) およびプログラミング環境「Scratch」(図2)を用いて、小学校授業カリキュラムを開発する。また、児童の作品やアンケート結果の分析から、カリキュラム評価を行う。



図1: Cricket

【Cricket】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。



図2: Scratch

【Scratch】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配布されている。

## 4. 研究成果

### (1)Scratchを用いたカリキュラム開発・実践

#### ①実践概要

奈良県N小学校4年生1クラス38名(男子19名、女子19名)を対象に、計26時間のカリキュラムを開発・実践した。授業は、Scratchの特長である直感的操作を活かし、探索的にすすめるプログラミングの練習課題からはじめた。続いて、プログラミングの知識を活かす応用課題として、同じくScratchの特長である作品の多様性を活かし、ゲームやインタラクティブなアニメーションなど、児童がテーマを自由に設定し、児童の興味・関心と結びつくような作品づくりに取り組むこととした。さらに、作品づくりの経験を活かし、複雑で高度なプログラミングと作品づくりを行うため、2回目の作品制作の時間を設けた。また各時間に発表時間を設け、クラス内で作品や作業について共有するとともに、インターネット上での作品共有を試みた。

#### ②カリキュラム

26時間の授業は、「Scratchコマンド探し」「図形を描く」と、2回の作品制作「作品づくり①」「作品づくり②」の大きく4つのフェーズとした。プログラミングから実行までの基本操作からはじめ、スプライトを動かすための基本コマンド(画面上を～歩かす、～

度回す等)、繰り返し、描画のためのペン操作、座標、条件分岐、スプライト間連携(スプライト間でのメッセージ送受信)、センサの値、等号不等号に関するコマンドについて、各フェーズの中で順次使い方を説明した

#### 【フェーズ1:コマンド探し】

Scratch の起動からプログラミング、実行までの方法を説明した後、Scratch に慣れることからはじめた。当初利用していたScratch1.2 では日本語コマンドブロックが利用できなかった(フェーズ2以降では、日本語が扱える1.3および1.3.1を利用)ため、英語で書かれたブロックの意味を探ることを課題に、ブロックを試し、その機能をノートに記述した。

#### 【フェーズ2:図形を描く】

Scratch はブロックの組み合わせでプログラミングが可能のため、導入の敷居が低い。反面、単に組み合わせるだけでも一応のプログラムが完成してしまうため、偶然ではなく、自分が意図した動作をするためのプログラミングへの意識が向きにくい。そこで次に、目的を明確にするため、指定された図形を作成する課題に取り組んだ。図形を描くため、移動するスプライトの軌跡を描くペンコマンドを紹介した後、児童は正三角形、正方形、円、長方形、星形等の図形作成課題に挑戦した。図形課題を進めていく間、スプライトを240度回転させるために、120度回転させるコマンドを2つ利用するなど、無駄なコマンドが多く見られた。そこで、実行中のコマンドブロックをハイライトする「ステップ実行」機能を紹介し、プログラム実行中に、どの部分が実行されているか確かめながら、無駄のないプログラミングを目指すことをうながした。その後、さらに複雑なスプライト制御のため、座標に関するブロックを紹介した。

#### 【フェーズ3:作品づくり①】

インタラクティブな作品づくりのため、キー入力の判別処理や条件分岐に関わるブロックについて説明した。また、あるスプライトの動作終了後に、別のスプライトの動作を開始するようなスプライト間連携のブロックについて説明を追加した。作品づくりは、画面イメージと機能、各回の作業目標について計画を立てることからはじめ、次に制作に移った。作品計画は随時変更しても構わないとしたが、各時間で目標をたて、作業後に結果を振り返ることとした。作品完成後に、クラス内で作品発表を行った。また、Scratch ウェブサイト上にクラス用ギャラリーをつくり、インターネット上でも作品を展示したところ、児童の作品に外国から英語でコメント

が寄せられ、授業で紹介した。

#### 【フェーズ4:作品づくり②】

4-5名のグループ作業として、センサボードを使った作品づくりを行った。センサの値や条件設定のための等号不等号のブロックを紹介した後、作品の計画、制作、発表の流れを進めた。1つのコンピュータを使って作業をすすめるグループや別々のコンピュータで作業を進めてから、スプライトの書き出し・読み込み機能を使って統合するグループが見られた。

#### ③評価

授業後に、主要なブロックの理解度について、アンケート調査を行った(n=34)。プログラミングの理解度を検証するため、スプライト制御(～歩動かす、～度回す)、繰り返し(ずっと、～回繰り返す)、座標(X座標を～Y座標を～にする)、キー入力の判別処理(～キーが押された時、旗がクリックされた時)、条件分岐(もし～なら)、スプライト間連携(～を受け取ったとき、～を送信する)の6項目について、「5:理解できた」から「1:分からなかった」までの5段階で評価してもらった。また、児童の自己評価と照らし合わせるため、該当するブロックの作品内での利用率についても調べた。(表1)

	理解度		利用率	
	M	SD	作品づくり①	作品づくり②
スプライト制御	4.97	0.17	86.8%	22.2%
繰り返し	4.94	0.24	68.4%	100.0%
座標	3.97	1.19	23.7%	66.7%
キー入力の判別処理	4.82	0.72	89.5%	77.8%
条件分岐	4.32	1.09	7.9%	88.9%
スプライト間連携	3.65	1.57	23.7%	11.1%

表1: ブロック理解度と利用率

理解度はいずれも高い結果となった。特にスプライト制御と繰り返しについては、殆どの児童が5段階中の5と最高評価をしており、利用率からも作品づくり①と②の間で差があるものの実際に使えていたことが確認できる。次いで、キー入力の判別処理についても理解度と利用率が高い。条件分岐については、作品づくり②では利用率が高いが、個人で制作した作品づくり①ではあまり利用されなかったこともあり、理解度に若干ばらつきが見られる。座標についても同様の傾向が見られる。また、スプライト間連携については、6項目中、理解度評価と利用率ともに最も低い結果となった。

#### (2)Scratchを用いたカリキュラム開発・実践(理科学習との連携)

本実践では、教科学習のなかでも理科の中でプログラミングを活用することを試みた。

具体的には、各種実験の際に Scratch とセンサボード、プログラミングを用いて、児童が独自の実験道具づくりを行った。ここでは 4 年次の熱単元、6 年次の電気単元の実践を報告する。

#### ①小4 熱単元でのプログラミング活用

「ものあたたまり方」に関する授業では金属の熱の伝わり方についての学習に取り組んでいた。多くの児童が蝋などを使って実験道具をつくる中で、一部の児童が Scratch をツールとして選択し、Scratch 及びセンサボード、熱センサを使った実験道具づくりに取り組んだ。図3の作品では、センサボードの4つの抵抗センサポートに温度によって抵抗値が変化するサーミスタを繋げた。銅棒の端に熱源(アルコールランプ)を置き、熱源から徐々に離れた4カ所にセンサを置き、各センサ値を画面上で数値確認できるようにしたほか、銅棒に繋いだセンサと同じように、画面上4カ所に四角形の温度表示スプライトが、温度が高くなるのに従い、青から黄緑、オレンジ、赤に変化する。

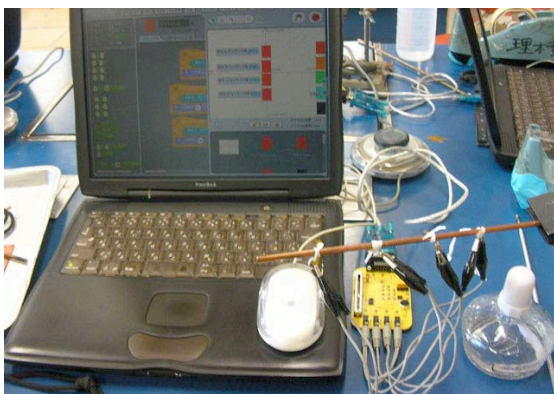


図3：金属の温まり方を調べるツール

プログラムにはセンサからの値が「～より大きく、かつ、～より小さい」などの条件分岐を使った。これにより、例えばセンサ値が500 の場合はオレンジ、500 を超えると赤になるなど、値とあわせ色でも確認できる。(図4)



図4：条件分岐プログラム

#### ②小6 電気単元でのプログラミング活用

小6 の発電・蓄電と電気の利用の単元での活用を試みた。前項と同様に一部の児童がより正確な発電時のハンドル回転数の計測を目的にツールとして Scratch を選択した。図

5 は児童らがつくった装置である。発電機の本体とハンドルに抵抗センサを活用した接触スイッチを取付け、接触により何回転まわしたかをカウントする。



図5：ハンドル回転数を調べるツール

プログラムでは、スイッチが接触したことを抵抗センサの値で読み取り、その場合に回転数を示す変数を1ずつ増やす仕組みとした。また同速度でまわすために、メトロノームのようにリズム発生するプログラムを加えた。(図6)

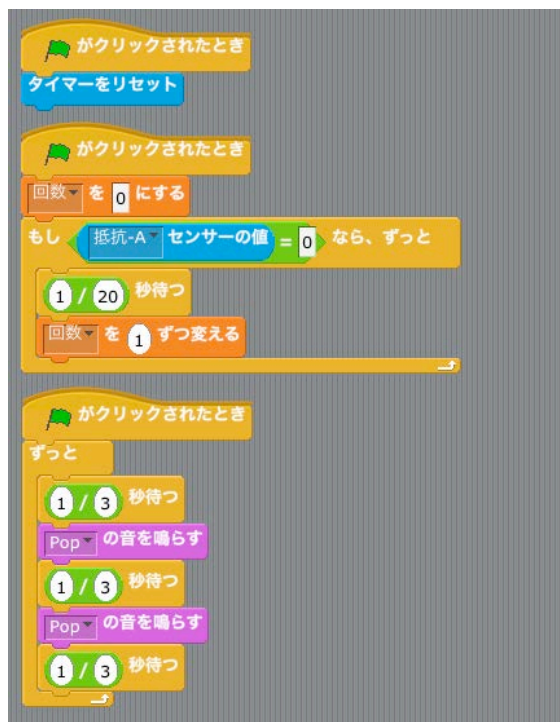


図6：回転数を計測するプログラム

#### (3)Cricket を用いたカリキュラム開発・実践 ①小学6 年生向け授業実践

大阪府 I 小学校で、総合的な学習のなかで取り組まれている「科学・情報」の取り組みの一環として、6 年生 2 クラスを対象に 4 時間の Cricket を使ったプログラムで動くものづくり授業カリキュラムを開発・実践した。プログラミングの練習からはじめ、製作、作品発表の流れで授業をすすめた。結果、多く

の児童がセンサを活用し、条件分岐するプログラムを含めた作品を仕上げることができた。また、プログラミングやコンピュータを活用したものづくりに対しての興味の向上がアンケート結果から見られた。

#### (4)まとめ

上記の授業を通じて、例えば Scratch を用いた授業実践(1)では、画面上でスプライトを動かすなどの制御や繰り返し命令を含めた作品をつくることができた。また、条件分岐やキー入力の判別処理といったより複雑なプログラミングを含めた作品づくりにも 8 割を超える児童が取り組むことができるなど、Scratch や Cricket 等のツールを用いることで、高学年児童でもプログラミングを活用したものづくりが可能であることが明らかになった。

今後は、児童のプログラミングを通じた学習過程やその効果についての検証、また教科学習でのプログラミングやものづくり技術の応用を課題としていきたい。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計4件)

①森秀樹、杉澤学、張海、前迫孝憲、Scratch を用いた小学校プログラミング授業の実践～小学生を対象としたプログラミング教育の再考～、日本教育工学会論文誌、査読有、34 卷(4)、(2011)、387-394

② Hideki Mori、Practical Study on Computer-Embedded Monodukuri Workshops for Elementary School Students、The Journal of Information and Systems in Education、査読有、Vol.9(1)、(2010)、25-34

③森秀樹、Scratch を用いた文系大学生向けプログラミング教育、日本教育工学会論文誌、査読有、34(Suppl.)、(2010)、141-144

〔学会発表〕(計5件)

①森秀樹、杉澤学、前迫孝憲、プログラミングを活用した小学校理科学習、日本教育工学会、2010.9.20、金城学院大学

②森秀樹、杉澤学、張海、前迫孝憲、Scratch を用いた小学校情報授業のデザインと実践、日本教育工学会、2009.9.20、東京大学

〔図書〕(計1件)

①森秀樹、東信堂、協同と表現のワークショップー学びのための環境のデザイン、(2010)、140-143

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者

森 秀樹 (MORI HIDEKI)

大阪大学・大学院人間科学研究科・助教

研究者番号：30527776