Osaka University Knowledge Archive

Title	ディ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
Author(s)	森, 秀樹; 杉澤, 学; 前迫, 孝憲
Citation	大阪大学教育学年報. 2013, 18, p. 125-141
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/24317
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

〈研究ノート〉

ディ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

森　秀樹　杉澤　学　前迫孝憲

【要旨】

現代の子供たちが遊ぶ多くの玩具には、ディジタル技術が使われている。一方で、これらのディジタル技術は使われる（子供たちは、ディジタル技術を取り入れた玩具で遊ぶ）ばかりで、子供たちが実際にものづくり等で活用する機会は、ほとんどない。そこで、本研究では近年拡がりつつあるパーソナル･ファブリケーションを取り入れ、ディジタル技術を活用したおもちゃづくりを題材に、小学校４年生を対象とした16回のものづくり授業をデザイン・実践した。授業では、「おもちゃに新しい命を与える」ことを目的に、児童が今まで親しんできた玩具に、プログラム制御可能な小型コンピュータ「Cricket」を埋め込み、モータやセンサ等を接続し、新しいおもちゃづくりを行った。本授業の最後に、児童が作成したレポートからは、Cricket、おもちゃ製作、研究活動に関する多様な記述がみられ、児童の学びも多岐に渡っていることが確認できた。

1. はじめに

現代の玩具は、その多くにコンピュータが埋め込まれ、モータやセンサなど様々な技術が活用されている。TVゲームのみならず、玩具売上ランキングで毎年上位にあがるTVヒーローの変身ベルトをはじめ、多くの玩具が電池で動き、光り、音を鳴らす。現代の子供たちは、知らぬ間にこれらの技術について、遊びの中で慣れ親しんでいる。しかしこれでは、技術の消費者としての子供たちを積極的に育てているものの、新しい技術を主体的に活用できる子供たちを育んでいるとは言い難い。

また学校教育で取り扱われているものづくりも、アナログなものづくりが多く、玩具をはじめとして、子供たちを取り囲む「もの」のディジタル化が著しい現状を踏まえると、学校教育で子供たちが取り組むものづくりとの間に、大きな隔たりがあるともいえる（森ら 2012）。

近年、ガーシェンフェルド（2005）が提唱してきた「パーソナル・ファブリケーション（大量生産ではなく、個人が必要なものを自らつくるものづくり）」が世界各国で拡がりつつある。従来、そのほとんどが業務利用に限られていた埋め込み型コンピュータや、3Dプリンター、レザーカッターなどのディジタルファブリケーション機器は、低価格かつ高度な専門知識がなくても利用可能なものになりつつあり、ホビーストを中心に、その利用が拡がりつつある。

そこで、本実践では、新しいものづくり教育として、パーソナル・ファブリケーションに着目し、小学校向けのカリキュラム開発を行った。今回は、子供たちにとって身近で魅力のある題材として、玩具を取りあげ、ディジタル技術を活用し、新しいおもちゃづくりを行うものづくりの授業をデザイン、実践した。

2. 近年のものづくり教育をめぐる背景

ここで、近年の学校教育におけるものづくり教育をめぐる背景について触れる。「ものづくり」という言葉は、やまと言葉とされ、古くより用いられているが、一般に使われるようになったきっかけの一つが、1999年に制定された「ものづくり基盤技術振興基本法」である。同法には、ものづくりに関する教育・学習機会を充実させることの必要性が盛り込まれており、その第16条に「国は、青少年をはじめ広く国民があらゆる機会を通じてものづくり基盤技術に対する関心と理解を深めるとともに、ものづくり基盤技術に関する能力を尊重する社会的気運が醸成されるよう、小学校、中学校等における技術に関する教育の充実をはじめとする学校教育及び社会教育におけるものづくり基盤技術に関する学習の振興、ものづくり基盤技術の重要性についての啓発並びにものづくり基盤技術に関する知識の普及に必要な施策を講ずるものとする。」と記されている。学習指導要領の改訂を前にした2008年１月の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」では、教科を横断して重視すべき項目として、「情報教育」や「環境教育」、「キャリア教育」、「食育」、「安全教育」、「心身の成長についての正しい理解」とともに、「ものづくり」が挙げられており、新しい学習指導要領にも反映されているが、理科や総合的な学習の時間の一部で取りあげられるに留まっている。中学校では、技術科が直接的にものづくりを教科として取り扱っているが、小学校段階では、各教科で、断片的に取り扱われている程度で、ものづくりについて集中的に学ぶ機会がない。諸外国では、英国において初等教育カリキュラムの中に、ものづくりに関する科目として「Design and Technology」が置かれ、米国ではオバマ政権が今後４年間に1000カ所の学校へディジタルファブリケーション機器を設置した工作室を設ける計画を立てる（アンダーソン 2012）など、新しいものづくり教育が世界的に拡がりつつある。

一方で、学校教育以外の場に目を向けると、ガーシェンフェルドらが運営をはじめたコミュニティベースのものづくりスペース「ファブラボ」が世界各地に拡がりはじめており（田中 2012）、日本でも2012年３月、東京でパーソナル・ファブリケーション機器を備えたカフェ「ファブカフェ」が開業されるなど、パーソナル・ファブリケーションは、ホビーストだけのものから一般へ拡がりを見せている。

3. ディジタルおもちゃづくり

本研究では、「既存のおもちゃに新しい命を与える」ことをテーマに、おもちゃづくりを題材としたものづくり授業をデザイン、実践した。米国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のプログラマブルコンピュータ「Cricket（クリケット）」を用いて、電池で動く電車やぬいぐるみ等の既存玩具にCricketとモータやセンサを取りつけ、児童が新しいディジタルおもちゃの開発を行った。Cricketは、モータやセンサ、LED、音源を搭載したスピーカ等を接続することができ、コンピュータ上でプログラムすることで、これらを制御できる。ブロック型のインターフェースを持つプログラミング環境も開発されており、コマンドブロックを組み合わせることで、小学生にも容易にプログラミングが可能である（Resnick 2007）。本研究では、Mori（2010）がプログラミング環境を日本語にローカライズしたバージョンを用いた（図１、２）。また、Cricket接続用に用意されたモータ以外にも電源を供給するため、モータ接続ケーブルをカスタマイズし、Cricket用モータ以外の電動玩具にも電源供給がしやすいようにした（図３）。

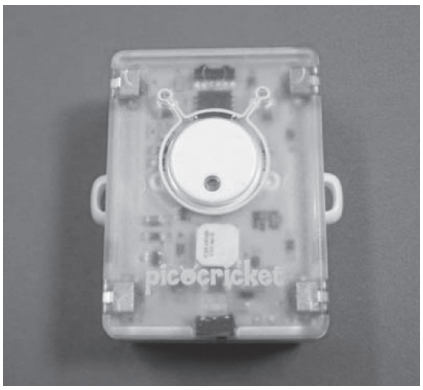

図１：Cricket

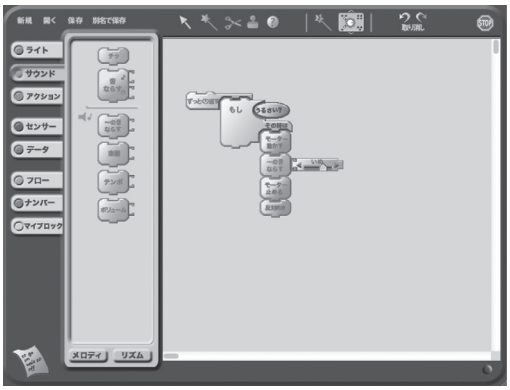

図２：日本語版プログラミング環境

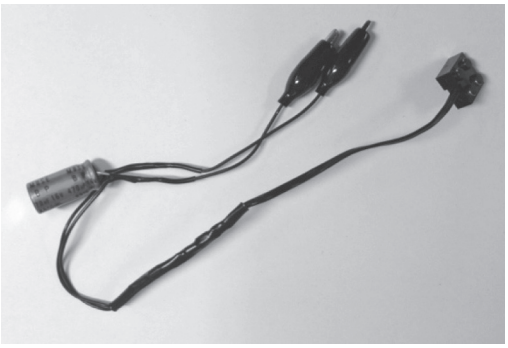

図３：接続ケーブル

4. 授業デザイン

授業は、一通りのコンピュータ操作に慣れている４年生を対象とし、「研究活動」をメタファに大きく４つのフェーズで構成した。まず、①授業で用いる製作ツールとしてのCricketを知る、②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、③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、④研究成果をまとめて、ポスター形式で発表を行った（図４）。

各時間の授業は大きく、図５のように実施した。最初に、①本時の目当てを考え、ノートに記述し発表する。また、Cricketの使い方など教師から全体に向けた説明などがあれば、ここで行う。次に、②各自の研究・製作作業を進める。そして、③本時の結果とふりかえりをまとめ、④クラス全員で集まり、本時の結果についての発表と質疑応答をする。またこの際に、次時に向けて教師からのアドバイスも行う。

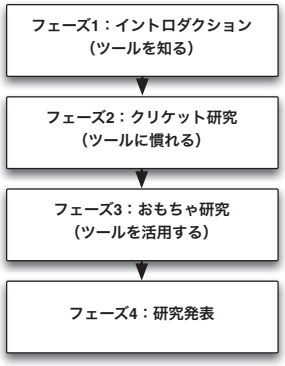

図４：授業フェーズ

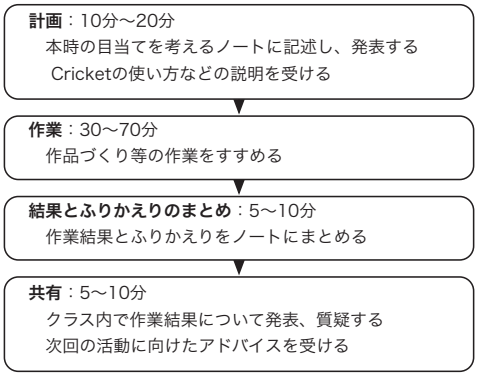

図５：各回の流れ

5. 授業実践

授業は、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（表１）。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。教室は、40台のPCと電子黒板を備えたコンピュータ教室（図６、図７）を使い、担任教諭と筆者の２名で運営した。コンピュータ以外のCricketをはじめ、今回使用した機材（表２）は、授業の開始直前にセッティングし、授業後には授業準備室へ片付けを行った。また、準備と片付け作業については、児童のなかで担当係を３～４名決め、その係を中心に児童が主体的に行った。

表１：授業スケジュール

回	日付	内容	時間
1	2011年11月9日	イントロダクション（クリケットを試す）	50分
2	2011年11月24日	クリケット研究①（繰り返しをするプログラミング）	65分
3	2011年12月1日	クリケット研究②（音センサの制御、条件分岐するプログラミング）	75分
4	2011年12月8日	クリケット研究③（明るさセンサの制御）	85分
5	2011年12月15日	クリケット研究④（コマンドブロックの機能を発見する①）	100分
6	2011年12月22日	クリケット研究⑤（コマンドブロックの機能を発見する②、おもちゃとつなぐ）	95分
7	2012年1月13日	おもちゃ研究①（計画の発表と製作）	70分
8	2012年2月6日	おもちゃ研究②（ディジタルおもちゃの製作）	100分
9	2012年2月8日	おもちゃ研究③（ディジタルおもちゃの製作）	90分
10	2012年2月9日	おもちゃ研究④（中間発表の資料作成）	90分
11	2012年2月10日	おもちゃ研究⑤（中間発表）	50分
12	2012年2月16日	おもちゃ研究⑥（ディジタルおもちゃの製作）	100分
13	2012年3月1日	おもちゃ研究⑦（ディジタルおもちゃの製作）	90分
14	2012年3月15日	おもちゃ研究⑧（作品の仕上げ）	100分
15	2012年3月19日	おもちゃ研究⑨（研究レポートのまとめ）	80分
16	2012年5月12日	研究発表会	90分

図６：教室レイアウト（後方から）

図７：教室レイアウト（前方から）

表２：使用機材（コンピュータ以外）

Cricket関連
Cricket本体、ビーマー（プログラム赤外線送信機）、シリアルケーブル Cricket用モータ、モータケーブル、モータボード（モータコントローラ） ライト(3色LED)、スピーカー(MIDI音源内蔵)、明るさセンサ、音センサ タッチスイッチ、ディスプレイ（数字表示用）、ケーブル（センサ等接続用） 接続ケーブル（電動玩具への電源供給用）
その他
レゴブロック（ギア、カム、シャフト、タイヤ等を含む） ワニ口クリップ、乾電池、【使用する玩具は各自で用意】

5-1. イントロダクション

次に、４つの授業フェーズについて説明する。まずはイントロダクションとして、第１回目の授業を初めて触る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（図８）、モータ、LEDライト、スピーカとCricketの接続方法と、図９のように、コマンドブロックを組み合わせ、それらを制御する簡単なプログラムの作成、プログラムのダウンロードから実行までの方法を説明した。その後、２名１組に分かれて、実際にCricketを試した（図10、図11）。また、本授業について、保護者の理解を得るために、第１回目を授業参観日に実施し、保護者に学習の様子を見てもらうとともに、授業後に保護者向けのCricket体験会を行い、本授業のねらいやCricket開発のコンセプトを説明した。

図８：Cricketを使ったサンプル作品の紹介

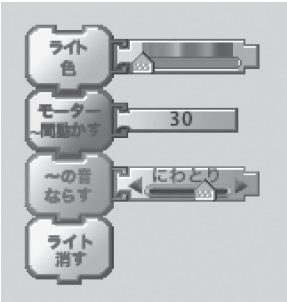

図９：説明したプログラム

図10：Cricketを試す①

図11：Cricketを試す②

5-2. クリケット研究

Cricketの機能について、より深く理解するため、「クリケット研究」として、2名1組で活動を行った（図12、図13）。計5回の授業では、Cricketの基本的な使い方について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、表3のように新しいコマンドブロックの使い方を順次説明した。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（図14）。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、次のフェーズでの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。児童のなかには、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を発見するなど、想定外の様々なことを試みる様子がみられた（図15）。また、係の児童による準備にも工夫が見られ、使用するCricket等の機材リストを予め配布するなど、授業が円滑に運営できるように改善した。

図12：クリケット研究の様子①

図13：クリケット研究の様子②

表 3：説明したコマンドブロック

回	日付	コマンドブロック等の説明
1	2011年11月9日	モータ～の間動かす、～の音を鳴らす、ライト色、ライト消す
2	2011年11月24日	ずっとくり返す、くり返す、まつ、反対向き
3	2011年12月1日	もし、うるさい？、～までまつ、表示する、音の大きさ、不等式(> , <)
4	2011年12月8日	明るさ
5	2011年12月15日	（ヘルプ機能の使い方）
6	2011年12月22日	さわった？

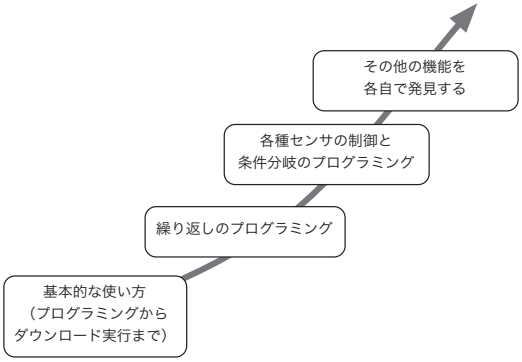

図14：コマンドブロックの説明順序

図15：豆電球を接続する様子

5-3. おもちゃ研究

Cricketの機能について、前項のCricket研究のフェーズで理解を深めた後、既存のおもちゃとCricketを組み合わせ、新しいディ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、児童が組み合わせたいおもちゃ毎に10のグループをつくり、計 9 回にわたって研究をすすめた（図16、図17）。

図16：おもちゃ研究①

図17：おもちゃ研究②

ラジコン玩具にCricket組み合わせたいグループには、新しい機能としてCricketの赤外線通信機能についての説明を加えた。多くの児童がCricketとモータをどのように既存玩具に組み合わせるか、あるいは、Cricketから電動の玩具や理科学習で使用した豆電球・LEDにどのように電源を供給するかについて、悩ん

でいる様子が見られた。Cricketに児童が持っている豆電球やLEDをつなぐ場合、Cricket用のモータボードから専用の接続ケーブルを用いて電源供給する必要がある。この場合、Cricket用モータのコマンドを使って制御する必要があり、児童にも説明をしたが、Cricket用のLEDライトを制御するコマンドで発光や発色を制御できるのではないかなど、興味を持って試す児童もみられた。また、前のクリケット研究でCricket内部のICなどのパーツに興味を持った児童が、小型版のCricketをつくることを考えるなど、児童の興味やおもちゃ研究に向けての課題も多岐に渡った。それぞれの児童が直面している課題について、個々に授業内でアドバイスを与えるとともに、全９回の授業の中で５回目の授業に中間発表の機会を設けて、それまでの成果についてまとめ、クラス内での発表とアドバイスを交換しあう機会を設けた（図18）。中間発表後は、おもちゃ製作の仕上げに向けて、Cricketとおもちゃとの組み合わせ方を再度工夫するともに、プログラムも工夫していくようにうながした。最終回は、研究レポートのまとめの時間として、①研究のあゆみ（今までの研究過程）、②研究の成果（何が達成できたのか）、③研究のふり返りと今後の課題について、模造紙にまとめをおこなった（図19）。授業内で研究レポートのまとめが終わらなかったため、研究レポートの仕上げを春休みの課題とした。また休み中も作品を見ることができるよう、最終回におもちゃ研究の成果である作品の写真、ビデオ、360度アニメーション画像を撮影し、ウェブサイトにまとめた（図20、図21）。

図18：中間発表

図19：研究レポートの作成

図20：作品ウェブサイト

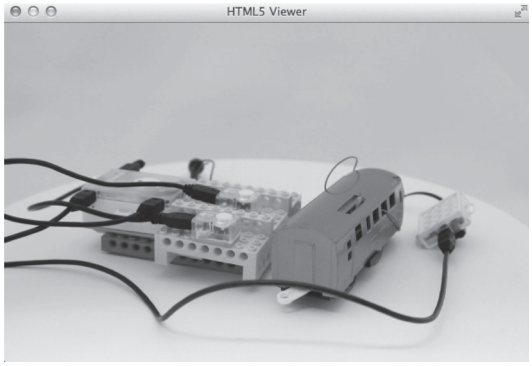

図21：360度立体アニメーション画面

5-4. 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（図22、図23）。

発表会後の授業のふ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て、どのようなところがだめだと考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、〇〇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いっていました。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拡がっているものも見られた。

図22：ポスター発表の様子①

図23：ポスター発表の様子②

6. ディジタルおもちゃ作品

児童がおもちゃ研究を通じて製作したディジタルおもちゃ作品の例を紹介する。図24は、電池で動く電車のおもちゃに、Cricketと２つのスイッチを使ってコントローラをつくり、スイッチを押すと走行方向を前後に切り替えられる作品である。図25はLEDが光るケーキのおもちゃである。夏休みの課題で製作した電子工作にCricketをつなげ、Cricketの４つのポートに接続されたLEDがプログラムによって、別々に点灯する。図26は、Cricketに接続されたモータを使って歩くぬいぐるみである。首につけられたLEDも同時に光るようプログラムされている。図27は、昔ながらのだるま落としのおもちゃとCricketを繋げた作品である。音センサが反応すると、モータに接続された木槌が回転し、だるまの下のコマを飛ばす。

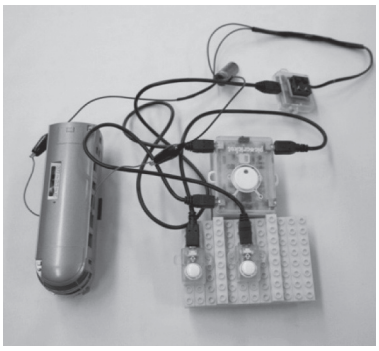

図24：電池で動く電車おもちゃ

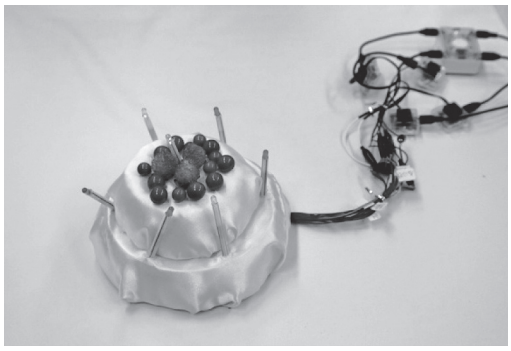

図25：電子工作のケーキ

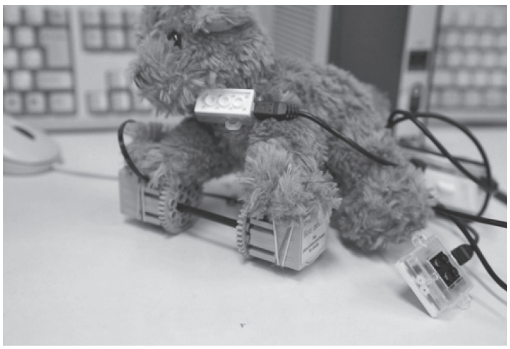

図26：ぬいぐるみ

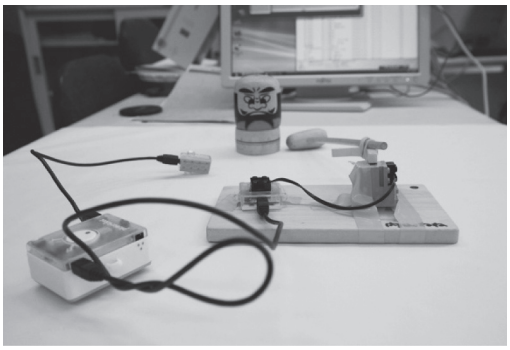

図27：だるま落とし

次に、児童がつくったプログラムの例を紹介する。図28は、リモコン制御できるロボット玩具のプログラムである。２つのCricketを使い、送信側と受信側のCricketに別々のプログラムをつくっている。送信側はボタン操作により送信する赤外線の種類を変え、受信側は送信側から送られてきた赤外線の種類によって、モータの動きを変えるようプログラムされている。本実践と同様に小学校４年生を対象としてプログラミングを授業に取り入れた森ら（2011）の実践にみられたように、児童がつくった多くのプログラムで繰り返しや条件分岐といったプログラミングの概念が活用されていた。

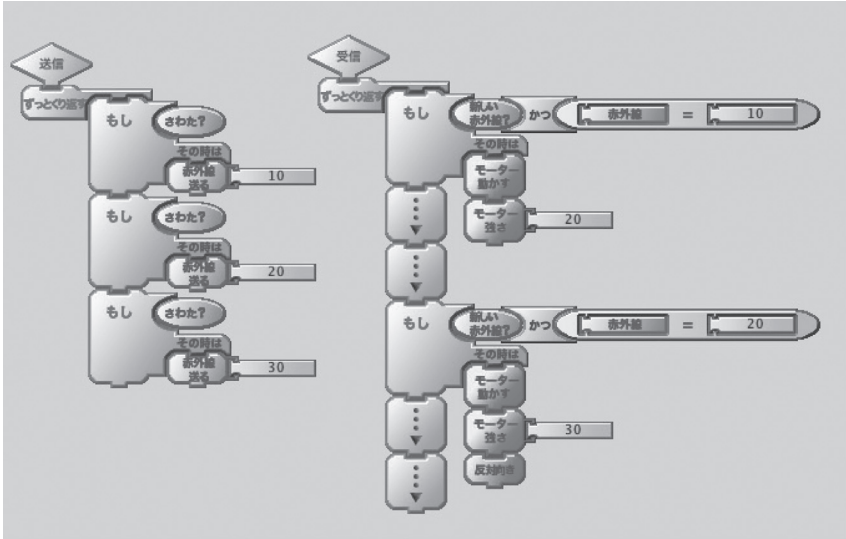

図28：プログラム例

7. 児童は何を学んだのか　～研究発表会ポスターからの考察

本稿では、児童が研究発表会用に作成した研究レポートを分析対象として、本実践の評価を試みる。研究レポートでは、各児童が①研究のあゆみ、②研究の成果、③ふり返りと今後の課題の３項目についてまとめている。ここでは上記のなかから、児童が本実践を通じて得られたこと、あるいは学んだと感じていることについて検討するため、「研究の成果」と「ふり返りと今後の課題」に着目した。

7-1. 児童の研究レポートにおける頻出語群

研究レポートに書かれたテキストをデータ化し、テキストマイニング用ソフトウェア（Tiny Text Miner）を用いて形態素解析を行い、頻出語群について確認した。データ化を行った35名の研究レポートについて、３回以上の頻出語群のリストを名詞句、動詞句、形容詞句に分けて集計した（表４、表５、表６）。名詞句については、「研究」（60回）、「プログラム」（59回）、「モーター」（51回）、「クリケット」（40回）と、Cricketに関係する語句が最上位にあがっている。その次に、「赤外線」（29回）、「車」（29回）と各児童の研究テーマに関わる語句がみられる。一方で、「課題」（11回）、「問題」（９回）、「方法」（８回）、「失敗」（７回）、「成功」（７回）など、研究に関わる語句も多くみられた。動詞句では、「する」（215回）が最も多く、「なる」（52回）、「ある」（37回）、「やる」（27回）と直接の活動に関わる語句が頻出語句としてあがっている。また、「つける」（17回）、「かえる」（13回）など、製作活動に関わる語句も多くみられた。形容詞句では、「速い」（29回）、「重い」（７回）、「うるさい」（６回）が上位にみられるように、モータの制御や作品のバランスなど、作品に関連する語句が多くみられた。このように頻出語群は、①Cricketに関わる語句（その取扱いを含む）、②作品と製作に関わる語句、③研究に関わる語句に大きく分けられた。さらに係り受けについても、３回以上の頻度がみられたものを表７にまとめた。ここでも、Cricket、作品製作、研究に関する内容の係り受けが多いことが確認できる。

表 4：頻出語群（名詞句）

名詞句									
語句	頻度	語句	頻度	語句	頻度	語句	頻度	語句	頻度
研究	60	課題	11	ヘリコプター	6	回転	4	ギア	3
プログラム	59	リモコン	11	図	6	他	4	コンピューター	3
モーター	51	自分	11	中	6	成果	4	電流	3
クリケット	40	何	11	たくさん	6	学習	4	左右	3
赤外線	29	スピード	10	後進	6	人	4	ドミノ	3
車	29	ブロック	9	実験	6	えんぴつ	4	線	3
それ	28	後ろ	9	そこ	5	電動	4	上	3
私	24	問題	9	手動	5	右	4	声	3
スイッチ	22	指令	8	はじめ	5	固定	4	巻き	3
センサー	19	バランス	8	ロボット	5	時間	4	ぞう	3
前	16	方法	8	だるま	5	左	4	理由	3
おもちゃ	16	ライト	8	タイヤ	5	トーマス	4	動き	3
コード	14	失敗	7	あと	5	意味	4	解決	3
最初	13	成功	7	力	5	導線	3	電池	3
今	13	目的	6	テーマ	5	一番	3	机	3
音	12	部品	6	いろいろ	5	サウンド	3		
これ	12	段階	6	場合	4	実行	3		
手	12	今回	6	今後	4	原因	3		
次	12	前進	6	コントローラー	4	進化	3		

表 5：頻出語群（動詞句）

動詞句					
語句	頻度	語句	頻度	語句	頻度
する	215	行く	5	乗せる	3
なる	52	使える	5	もつ	3
ある	37	さぐる	4	たおれる	3
やる	27	光らせる	4	止める	3
つける	17	鳴る	4	まとめる	3
かえる	13	動かせる	4	かる	3
いく	12	言う	4	入る	3
さわる	9	おこる	4	さがす	3
つなぐ	9	ける	4	出す	3
つなげる	9	がんばる	4	取りつける	3
いう	8	走れる	4	ぶつかる	3
見る	8	ねじれる	4	入れる	3
変える	8	つく	4	まく	3
しれる	6	くりかえす	3	ふりかえる	3
ちがう	6	かむ	3		
いる	5	とれる	3		

表 6：頻出語群（形容詞句）

形容詞句	
語句	頻度
速い	29
重い	7
うるさい	6
ない	5
すごい	4
軽い	3

表７：係り受け

係り受け	品詞	頻度	係り受け	品詞	頻度
する+する	動詞+動詞	7	プログラム+研究する	名詞+名詞	3
次+課題	名詞+名詞	6	前進+後進	名詞+名詞	3
さわる+センサー	動詞+名詞	5	クリケット+つなげる	名詞+動詞	3
研究+する	名詞+動詞	5	コード+ねじれる	名詞+動詞	3
プログラム+する	名詞+動詞	4	音+センサー	名詞+名詞	3
速い+走れる	形容詞+動詞	4	ヘリコプター+ラジコン	名詞+名詞	3
私+研究	名詞+名詞	4	速い+スピード	形容詞+名詞	3
前+後ろ	名詞+名詞	3	研究+成果	名詞+名詞	3
今+なる	名詞+動詞	3	モーター+する	名詞+動詞	3
プログラム+かえる	名詞+動詞	3			

7-2. 研究レポート記述からの考察

次に、前項で頻出語句として挙がった３項目（Cricket、作品製作、研究）についての記述を詳しくみる。各児童にとって様々な学びや発見があったことがレポートの記述から分かる。下記にその一例を紹介する。まずは、Cricketに関する記述からみていく。

> *このプログラムにすると、一度スイッチを押すと、前進します。そして、もう一度押すと後進することがわかりました。もう少し、プログラムを変えると、動かなくなるので、このプログラムでないと、プラレールは動かないということが、研究をしていて、わかることができました。*

Cricketを制御するプログラムについて、「もう少しプログラムを変えると動かなくなる」という表現からも、何度も試行錯誤を繰り返しながら、思った通りの動きをするプログラムに辿り着いたことが確認できる。

> *最初は、ただ、中を知って、どのような回路をつたってクリケットが出来たのかが知りたくて中を見て、研究をしていました。そして、クリケットの中が、虫のような部品、赤外線を受けたり送ったりするものと、スイッチがあって、やっと出来ているようなものということを知りました。*

この記述からは、Cricketそのものに興味を持っていたことが分かる。また、「なんでもできるもの」という汎用性を持ったコンピュータとしてのCricket、あるいはコンピュータそのものへの気づきがみられる。

> *クリケットと初めてであったときは、おもちゃかなあ？と思っていました。だけど、予想とはずれていました。なんでもできるようなものでした。*

このように、手元でCricketを観察しながら、コンピュータとしてのCricketについてさらに深い発見する児童もみられた。Cricketは開発のコンセプトとして、「Beyond Black Boxes」を挙げており（Resnickら1996）、多くの製品の仕組みが見えなくなり、分かりにくくなってきている現状に対して、内部をできるだけ見えるように（ブラックボックス化しないように）設計されている。このことも児童が興味を深めた一因であると考えられる。

また、作品製作に関しても、個々の作品について、詳細な記述がみられた。

この研究での成果は手動でしか動かせなかったおもちゃ（かったんこ）が電動にすることによって、速いスピードで回るようになった。手動の場合では、約３秒に１回しか回りませんが、電動の場合、最も速いスピードで0.9秒に１回回ることができます。手動の場合と電動の場合での回るスピードをそれぞれ比較してみると、その差は21秒でした。電動は手動より21秒も速いスピードで回ることが分かった。

この児童は、伝統的な木のおもちゃとCricketを組み合わせた新しいおもちゃを研究しており、Cricketを使ってモータで動かすことと、従来のように手で動かすこととの比較を行っている。

次の課題は、もっと色のバランスを考えて、クリスマスツリーに取りつける。あと、真っしょう面から、見たら、反射する力があるから、目がいたい。だから、少しく夫する。重さのバランスも、ちゃんと考える。

ここでは、作品を全体的な視点から見て、次への課題を挙げている。また、作品製作において、他の児童から直接的・間接的に学んでいる様子が、下記の記述から分かる。

はじめは、スイッチ一つでは３つの動きをすることはできないのではないかと思いました。でも、１つだけでも３つのそうさができたので、T君の研究から進化させることができたなあと思いました。

とってもうれしかったことは、Mさんにモーターの速さを変えるを使わないほうがいいよと言われたのでそうしてみたら、より速くてうまくコントロールできるようになった。

ときどき、困っている時がありました。だけど、友だちの作品(研究)を見て「ここをこうすればいいのか」と思いやってみるとちゃんとできたので良かったです。次の課題は、失敗をおそれず、何度も同じことをやらないように自分の目的までがんばりたいです。

作品製作での課題解決には、他の児童からヒントを得ると同時に、教師からのアドバイスが直接課題解決に結びついたケースもみられた。一方で、教師のアドバイスが届かずにうまく課題解決ができないまま、児童自身も問題を特定できないままになってしまっていたケースもみられた。

実験の時にもトラブルが、おこりました。それは、プラレールが動かないのです。それも、スイッチをかえても、モーターは動いているけれど、プラレールじたいが動きません。そこで、考えると、たぶん、指令を伝える電波を、何かが、じゃましているか、それか中の、こうぞうが、変なことになっているかだと思います。だから、次ためしてみたいです。

Resnickら（2009）が、かつての教育用プログラミング言語「Logo」について、うまく学校現場へ浸透しなかった理由として、「プログラミングがうまくいかなかった際には適切な助言を与え，うまくいった際にさらに深い探求をうながすような授業の進め方がなされなかった。」ことを挙げており、今回の授業でも作品製作やプログラミングの面で適切なタイミングで適切な助言を与えることができていなかったことは課題である。

研究についても、研究の方法や研究活動そのものについて、様々な学びや発見があったことが記されている。

プログラムが上手くいかない時は、声に出してプログラムを読み、意味が通じるか、通じないかで決まる。

このようにプログラミングの方法など、本授業での活動に直接関連した事柄に加えて、研究そのものへの向き合い方についての気づきについての記述がみられた。

けっしてすぐにあきるのではなく、何がダメなのかをしらべ、分かるまで（せいこうするまで）研究をすることが分かりました。

新しい事をやって一番最初に、体験するのは失敗です。何回も失敗してやっと成功するのだなあということが、分かって失敗はわるくなくて、それをどういかすかが、問題なんだなあと思いました

また、今回の活動と身のまわりにあるものに結びつけて、日常生活へ発展させて考えている記述もみられた。

とくに、前まではできなかったけれど今できるようになったことが増えたのが良かったです。これなら、もっと生活にやくだてることができると思います。例えば、エレベーターで下にスイッチをつけておいてしていされた重さをこえたらスイッチがおされてブザーが鳴るなどです。もっと生活につなげようと思います。

このように、授業を通じた児童の学びは多岐に渡っており、各児童に応じた評価方法を構築することが今後の課題である。

8. まとめ

Cricketを用いてディジタルおもちゃづくりを行う本実践では、児童が自ら積極的に取り組む様子が全回の授業を通じてみられたことから、新しいツールとしてCricketを用いたものづくりは、児童にとっても魅力的な題材であったといえる。また、授業を通じた学びも個人の興味に応じて、多岐に渡って拡がっていることが確認できた。今後は、児童の活動に対する評価方法や、活動の支援方法についての検討をすすめたい。

謝辞
本実践に参加いただいた、すべての方々に感謝します。
本研究は科研費（23700973）の助成を受けている。

【参考文献】

アンダーソン・クリス（2012）「MAKERS　―21世紀の産業革命が始まる」（関美和訳），NHK出版
中央教育審議会（2008）「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（答申）」http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo 0 /toushin/1216828.htm（アクセス日：2012年11月 9 日）
ガーシェンフェルド・ニール（2005）「ものづくり革命　―パーソナル・ファブリケーションの夜明け―」（糸川洋訳），ソフトバンククリエイティブ
Mori, H. (2010) “Practical Study on Computer -Embedded Monodukuri Workshops for Elementary School Students ”The Journal of Information and Systems in Education Vol.9 (1), pp.25-34
森秀樹、杉澤学、張海、前迫孝憲（2011）「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34(4)，pp.387-394
森秀樹・杉澤学・前迫孝憲（2012）「ディ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，pp.871-872
Resnick, M. et al. (1996) “Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Instruments.”, Proposal to the National Science Foundation
Resnick, M. (2007) “Sowing the Seeds for a More Creative Society”, Learning & Leading with Technology, Dec.-Jan. 2007-08, pp.18-22
Resnick, M. et al. (2009) “Programming for All” Communications of the ACM vol.52 No.11, pp.60-67
田中浩也（2012）「FabLife デジタルファブリケーションから生まれる『つくりかたの未来』」オライリー・ジャパン

A Practical Study on MONODUKURI "Making Digital Toys" Lessons for Elementary School Students

MORI Hideki, SUGISAWA Manabu, MAESAKO Takanori

Many modern children's toys use digital technology. While children are familiar with using and playing with digital technology, they do not have enough opportunities to use these technologies to create their own projects. In this research, we use the concept of "personal fabrication" to design a "MONODUKURI (making things)" curriculum. This curriculum (which contains 16 lessons) is designed for fourth graders, with the main topic being the creation of toys with digital technology. Students created new digital toys with a tiny programmable computer known as "cricket" as well as motors and sensors in order to give new life to their existing toys. The reports written by the students in the last lesson show that they were interested in various parts of the curriculum, such as "cricket," creating toys, and their own research activities while making their own digital toys. The reports also showed that students learned diverse things in these lessons.