

創造的ワークショップを実現する ロボット制御プログラミング環境

杉浦 学^{†1} 小舘 亮之^{†1} 来住 伸子^{†1}
加藤 大志^{†2} 植村 弘洋^{†2}
國枝 和雄^{†2} 山田 敬嗣^{†2}

MIT Media Lab の子供向けビジュアルプログラミング環境である Scratch を拡張した制御プログラムエディタにより、NEC のコミュニケーションロボット PaPeRo を制御可能な「ぱぺろっち! ツール」を、NEC と津田塾大学で共同開発した。体験型学習のワークショップで「ぱぺろっち! ツール」を利用することにより、PaPeRo の対人コミュニケーション機能を活用して、人間と PaPeRo の対話的な要素を含むロボットの利用シナリオを考案し、シナリオの実現に必要な機能をプログラミングするといった活動が可能になり、アイデアの創出を重視した創造的な学習活動が実現できる。女子高校生を対象とした利用実験では、多様なロボットの利用シナリオが発想され、プログラミングの初学者でも比較的短時間で制御プログラムを記述できることが確認できた。

A Robot Programming Environment for Creative Robotics Workshop

MANABU SUGIURA,^{†1} AKIHISA KODATE,^{†1}
NOBUKO KISHI,^{†1} DAISHI KATO,^{†2} KOYO UEMURA,^{†2}
KAZUO KUNIEDA^{†2} and KEIJI YAMADA^{†2}

We developed the “PaPeRochTool”, a robot programming environment for “PaPeRo”, based on Scratch. PaPeRo is a communication robot developed by NEC Corporation, which has various functions of human-robot interaction. PaPeRochTool supports a creative robotics workshop, such as drawing up a scenario which includes human-robot interaction, and developing robot control programs to perform the scenario. The result of experiment carried out for high school female students shows the fact that students could get diverse scenario ideas and developed control programs within a relatively short time.

1. はじめに

ロボットを学習活動に活用する試みが多く行われている。例えば、プログラミングの学習を目的としたもの^{1),2)}、中学校の技術・家庭科における「プログラムによる計測・制御」に関するもの³⁾⁻⁹⁾、小学校における「総合的な学習の時間」に関するもの¹⁰⁾、組み込みシステム開発などの専門教育に関するもの¹¹⁾⁻¹⁵⁾、OS の学習に関するもの¹⁶⁾、聾学校における活用¹⁷⁾、などがある。また、FIRST LEGO League (FLL)¹⁸⁾ やロボカップ¹⁹⁾ をはじめとして、ロボットを使った様々な競技会が開催されている²⁰⁾。

先に示した学習活動においては、導入コストが安価であること、制作の容易さなどから、車型ロボット^{*1}を採用している実践が多い。車型ロボットを利用した場合の学習活動は、指定されたコースを正確に走行する、ロボットに搭載されたアームを使って運搬作業を行うといった、特定の課題を解決する競技会を最終目標とするものが主流である。競技会だけでなく、ロボットの装飾デザインを取り入れた小学校における実践²¹⁾、創造性の育成に着目した研究^{22),23)}なども提案されているがその数は少なく、多くの実践が FLL やロボカップのような競技会を単純化したものを取り入れている。

学習活動の内容はロボットの形状や性能によって制限されるため、車型ロボットを用いた場合、競技会形式を採用した学習活動が多くなるのは当然の結果である。初等・中等教育の教科学習における継続的な実践を想定した場合、予算の制約もあり、高価なロボットを購入することは不可能である。しかしながら、教科学習以外の課外活動を前提とすれば、様々な取り組みが可能と考えられる。例えば、Pezalla-Granlund ら²⁴⁾による創造的なエンジニアリングを志向した学習活動の実践がある。これには、センサやモーターなどの部品を自由に組み合わせることができる PicoCricket²⁵⁾ (図 1) が利用されている^{*2}。Pezalla-Granlund らはロボットを利用した学習活動に女子学生の関心が低いことを指摘し、その原因のひとつが FLL のような競技形式をテーマとした学習活動にあることを述べている。さらに、女子学生をはじめとして、より多くの子供たちが興味を持つことができる学習活動の設計指針と

^{†1} 津田塾大学 女性研究者支援センター

Center for Women in Research of Tsuda College

^{†2} NEC C&C イノベーション研究所

C&C Innovation Research Laboratories, NEC Corporation

^{*1} モーターを 2 つ搭載した 2 軸が主流だが、車輪以外にアームを搭載した 3 軸のものが使われる場合もある。

^{*2} 国内では CAMP が PicoCricket を使ったワークショップを開催している²⁶⁾。

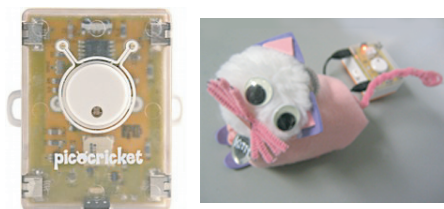


図 1 左: PicoCriket
右: 音源デバイスと照度センサを組み合わせた作品例 (文献²⁷) より

して、次のような事柄が重要であることを述べている。

- (1) 成果の発表の場を、競技会 (Competitions) ではなく展覧会 (Exhibitions) とすること。
- (2) 特定の課題を解決することのみを目的とせず、個人の興味に即した自己表現の場 (Personal Expression) として活動を位置づけること。
- (3) 問題を解決するという工学的な視点だけではなく、芸術的な要素も融合 (Combining Art and Engineering) させること。
- (4) 機械の部品だけでなく、工作ができる素材 (Craft Materials) を用意すること。
- (5) 物語 (Narrative and Story-Telling) をテーマとした装置の作成も視野に入れること。

我々の問題意識も先に述べた Pezalla-Granlund らと共通であり、性別に関わらず、多くの子供たちが意欲を持って取り組める、ロボットを使った創造的な学習環境を構築することが重要であると考えている。

PicoCriket は、センサやモーターなどのモジュール化された部品を提供することにより、それらを必要に応じて組み合わせ、プログラムで制御された様々な装置を制作可能にするという手法を採用している。我々は、モジュール化された部品を提供するのではなく、対人コミュニケーション機能が豊富な人型ロボットを利用することで、創造的な学習環境を構築することを試みた。具体的には、NEC のコミュニケーションロボット PaPeRo の制御プログラミング環境である「ぱぺろっち！ツール」^{*1}を、NEC と津田塾大学の共同研究において共同開発した。PaPeRo の対人コミュニケーション機能を活用することによって、人間と PaPeRo の対話的な要素を含むロボットの利用シナリオを考案し、シナリオの実現に必要な機能をプログラミングするといった活動が可能になった。

*1 PaPeRo, 「ぱぺろっち！ツール」は NEC の登録商標である。

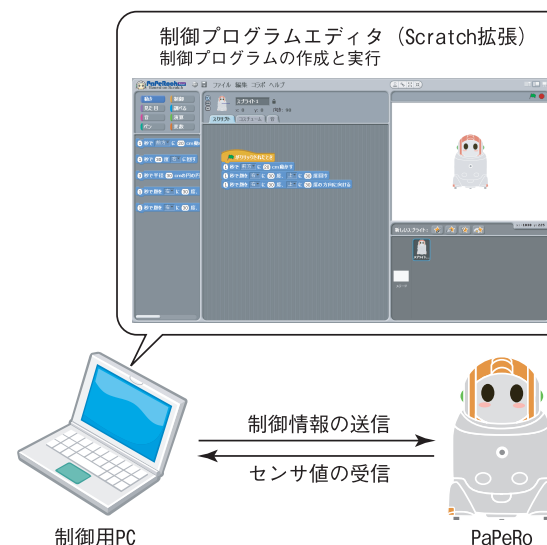


図 2 「ぱぺろっち！ツール」の概要

本論文では、2章で「ぱぺろっち！ツール」について述べ、3章で女子高校生を対象としたワークショップにおける利用実験の結果を述べる。4章で、利用実験の結果から「ぱぺろっち！ツール」を評価し、どのような学習活動が実現できたかを考察する。5章でまとめと今後の課題を述べる。

2. ロボット制御プログラミング環境「ぱぺろっち！ツール」

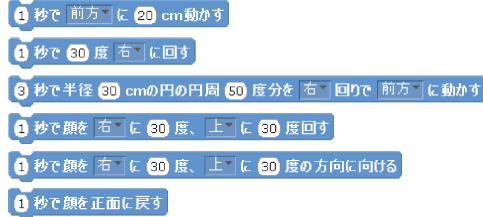
「ぱぺろっち！ツール」は NEC と津田塾大学が共同で開発した。その概要を図 2 に示す。制御対象となる PaPeRo と制御用 PC は無線通信によって接続する。2.1 節で制御対象である PaPeRo について、2.2 節で制御プログラムエディタについて述べる。

2.1 コミュニケーションロボット PaPeRo

PaPeRo は NEC のコミュニケーションロボット²⁸⁾である。本論文で述べるような教育分野への利用、保育分野への利用²⁹⁾などが行われている。

PaPeRo の特徴は、対人コミュニケーション機能が豊富なことである。音声認識・音声合成、複数の静電容量式タッチセンサ、顔認識機能などを持つ。移動は底部に搭載されている車輪を使って行う。本体に内蔵されたプログラムによって自律行動が可能だが、「ぱぺろっ

車輪を使った移動と頭部の動き



表情を表現するLED発光の制御

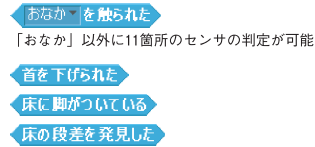


合成音声による発話と効果音の再生

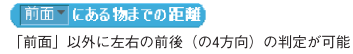


図 3 動作制御ブロック

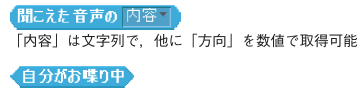
タッチセンサ等



距離センサ



音声認識



顔認識



電源状態

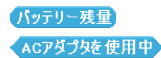


図 4 センサ値取得ブロック

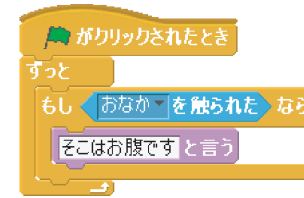


図 5 腹部のタッチセンサを利用したプログラム例

「ち！ツール」で利用する場合は、自律制御は動作させず、次節で述べる制御プログラムエディタによって制御を行う。

2.2 制御プログラムエディタ

PaPeRo の制御プログラムを記述するためのエディタは、Scratch^{30),31)} を拡張して実装した。Scratch は MIT Media Laboratory の Lifelong Kindergarten Group によって開発されている、子供向けのビジュアルプログラミング環境である。色や形の異なるブロックをマウス操作によって組み合わせることにより、画面上に表示されているスプライトと呼ばれる画像に対するプログラムを記述し、実行することができる。条件分岐や繰り返しなどの制御構造を記述するブロックも提供されている。

図 3 に、PaPeRo の動作制御用に追加したブロックを示す。車輪を使った移動と頭部の動き、表情を表現する LED 発光の制御、合成音声による発話と効果音の再生、が制御でき

る。白い背景色の数値や文字列の部分には、利用者が任意の値を入力することができる^{*1}。また、ブロック中のプルダウンメニューで移動方向や発光色などを指定する。

図 4 に、PaPeRo のタッチセンサなどの値を取得するために追加したブロックを示す。図 4 中の六角形のブロックは真偽値が取得できる。その他のブロックは、センサの検知した値を数値として取得^{*2}できる。これらのブロックは Scratch で提供されている条件分岐や繰り返しを記述する制御ブロックと組み合わせることで利用できる。具体例として、図 5 に PaPeRo の腹部のタッチセンサに触れると「そこはお腹です」と発音させる制御プログラムの例を示す。

マインドストーム RCX³²⁾ をはじめとして、多くの教育用ロボットプログラミング環境は、独自の仕様を持った制御プログラミングエディタを利用している。Scratch を拡張したエディタを利用することにより、Scratch の使用経験のあるユーザのスキルを有効活用することができる。また、ロボット制御だけでなく、アニメーションやゲームの制作といった他の題材の学習活動も同一の環境を利用して実施できるという利点がある。

3. ワークショップにおける利用実験

2章で述べた「ぱぺろっち！ツール」を利用して、体験型学習のワークショップを行った。このワークショップは、津田塾大学女性研究者支援センターが主催する「夏の合宿 2009」(2009年8月14日～8月16日)の一環として行われた。この「夏の合宿 2009」は女子高校生を対象に、理系分野への興味を深めてもらい、理系分野への進学のかきかけを提供することを目的とした宿泊形式のイベントである。

全国から参加者を募集して抽選を行い、高校1年生13名、高校2年生19名の計32名の参加者を決定した。参加者のPCの利用経験に関するアンケート結果を表1に示す。プログ

*1 小学生や中学校低学年の利用者が扱いやすいように、利用頻度が多いブロックのみを表示し、数値の指定をキーボード入力ではなく、プルダウンメニューによって行えるような簡易モードに切り替える機能がある。

*2 音声認識の内容を取得するためのブロックは例外で、文字列で値を取得する。

表 1 PC の利用に関するアンケート結果

回答	はい	いいえ
メール	28 名 (87.5%)	4 名 (12.5%)
インターネット	32 名 (100%)	0 名 (0%)
文書作成・表計算	27 名 (84.4%)	5 名 (15.6%)
プログラミング	10 名 (31.3%)	22 名 (68.8%)

プログラミングの経験者が 3 分の 1 程度含まれているが、ロボットに対する制御プログラミングの経験のある参加者はいなかった。実習会場は津田塾大学小平キャンパスの教室を利用した。

なお、本章で述べるワークショップ以外にも、「夏の合宿 2009」の一環として体験型の実習が複数行われた。本論文では「ばぺろっち！ツール」に関するワークショップと、その準備として実施した Scratch に関するワークショップに関してのみを述べる。

3.1 実施体制

「ばぺろっち！ツール」を利用したワークショップは「パーソナルロボットをデザインしてみよう」と題し、2009 年 8 月 15 日の 150 分間で実施した。

32 名の参加者を 1 グループ 16 名の 2 グループに分け、一度にワークショップに参加する人数を 16 名とした。これは用意できる PaPeRo の台数と、会場の広さの制約を考慮したためである。午前と午後にそれぞれのグループに同一の内容のワークショップを実施した。

ワークショップはグループワークの形式をとり、16 名の参加者を 3 名のグループが 4 つ、2 名のグループが 2 つにグループ分けし、グループごとに集まって作業をするようにした。それぞれのグループに津田塾大学の学生によるアシスタントを 1 名*1から 2 名配置した。ファシリテーター（講師）は筆頭著者が担当した。

PaPeRo は説明用に 1 台、参加者用に 6 台を用意した。参加者用の PaPeRo1 台につき 2 機の制御用 PC を接続し、制御プログラムエディタによるプログラミングができるようにした。

「ばぺろっち！ツール」を利用したワークショップの準備として、前日に Scratch に関するワークショップを実施した。このワークショップでは、Scratch の基本操作について約 50 分の実習を行い、動く動物絵本をテーマにした作品制作を約 60 分かけて実施した。これにより参加者は Scratch の基本操作、条件分岐と繰り返しブロックの使い方を習得している。

*1 学生アシスタントのうち、2 名のみが「ばぺろっち！ツール」の事前講習を受けていたため、その 2 名については 1 名で 1 グループのアシスタントを担当させた。

表 2 「ばぺろっち！ツール」ワークショップの内容

所要時間	内容	詳細
20 分	タッチセンサ入門	タッチセンサの位置を調べ、センサに触れたら PaPeRo が反応をするプログラムを作成する。
30 分	変数の利用	変数を利用し、PaPeRo に数をカウントさせるプログラムを作成する。
100 分	オリジナルロボット制作と発表会	PaPeRo の利用シナリオを考え、必要な機能をプログラムする。また、シナリオにあった PaPeRo の衣装を作成する。



図 6 シールによるタッチセンサのマーキング



図 7 数をカウントするプログラム例

3.2 ワークショップの内容

ワークショップの内容と所要時間を表 2 に示す。次から内容の詳細を述べる。

(1) タッチセンサ入門

導入として、「ばぺろっち！ツール」の概要とワークショップの流れを説明した。最初の課題として、タッチセンサの大まかな位置を示し、実際の位置を図 5 に示したようなプログラムを使って確認する活動を行わせた。今後の作業時にセンサの位置が分かりやすいように、調べたタッチセンサの位置にシールを貼ってマーキングを行わせた（図 6）。

(2) 変数の利用

変数を利用して、PaPeRo に数を 1 から 10 まで順番に数えさせるプログラムの例（図 7）を示し、変数の定義方法と共に解説をした。さらに、変数の値を調べ、その値が特定の数の倍数の時だけ特別な動作を行うプログラムの例を示し、例を真似てプログラミングを行わせた。

(3) オリジナルロボット制作と発表会

オリジナルロボットのイメージを説明するため、学校で教師が授業を実施するときに役立つパートナーロボットの例を示した。具体的な機能として、「タッチセンサで指定され



図 8 オリジナルロボットの衣装 (左:「午前オ」グループ, 右:「午後イ」グループ)

た方向の生徒を注意する機能」, 「ランダムな番号 (出席番号) を発声することで, 生徒を指名する機能」, 「試験の実施時に役立つタイマー機能」を例として示し, 参加者にオリジナルロボットのイメージを説明した. 今回のワークショップでは, 時間の制約を考慮し, タッチセンサのみを利用したロボット制作を実施することとした.

制作するロボットのイメージをグループ内で共有し, 必要な機能の洗い出しとロボットを利用するシナリオを具体化することを目的として, 手書きの設計シートを記述させた. 設計シートには, 「テーマ」, 「ロボットの持つ機能とそれを実行するタッチセンサの位置」, 「衣装の設計図」, 「発表のシナリオ」の 4 つの項目を記述させた.

プログラミングすべき機能とシナリオが決定したグループから, グループ内で分担して必要な作業を行わせた. プログラミングと同時に, シナリオに適した PaPeRo の衣装を作成することも課題とした. また, ペアプログラミングの方法について簡単に説明を行い, グループの一人だけがプログラミングを担当することのないように配慮した. ワークショップの最後に, グループごとに制作したロボットのデモンストレーションを含む発表会を行った.

3.3 オリジナルロボット制作の結果

参加者によって制作されたオリジナルロボットの一覧を表 3 に示す. 表 3 中の「形態」は, 人間との対話を含むシナリオを指定された通りに演じるタイプを「シナリオ型」, 実用的な機能に重点をおいているタイプを「機能型」と分類した. 各グループは図 8 に示したように, オリジナルロボットの役柄や機能のイメージに合った衣装を作成した.

図 9 に「午後オ」グループが作成した設計シートの一部を示す. 設計シートの効果については, 4.3 節で考察する.

表 3 オリジナルロボット制作の結果

グループ	テーマ	形態	概要
午前ア	女性をデートに誘う	シナリオ型	PaPeRo を女性をデートに誘う男性に見立て, シナリオを演じる. 女性に声をかける動作, ダンスや音楽演奏などの特技を披露する動作を行う.
午前イ	男性をデートに誘う	シナリオ型	PaPeRo を男性をデートに誘う女性に見立て, シナリオを演じる. 声をかけた女性とのやり取りや PaPeRo の感情を表現するための動作を行う.
午前ウ	相性占い	機能型	相性を占いたい二人に, 順番に任意の場所のタッチセンサに触れてもらい, それぞれの位置によって二人の相性を判定し, 結果を発話する.
午前エ	漫才	シナリオ型	PaPeRo を漫才のボケ役に見立て, 人間と漫才を行うシナリオを演じる. 登場の挨拶と 3 種類のネタを披露する動作を行う.
午前オ	父親と娘	シナリオ型	PaPeRo を娘を心配する父親に見立て, デートに出かけようとする娘とのやり取りのシナリオを演じる. 娘役の人間の行動 (肩を揉むなど) に合わせて 4 種類の会話と動作を行う.
午前カ	アニメの再現	シナリオ型	PaPeRo を探偵アニメの主人公に見立て, 犯人を当てる場面のシナリオを演じる.
午後ア	喧嘩仲裁	シナリオ型	喧嘩をする男女を仲裁するシナリオを演じる. 男女二人と 4 種類の会話を含んだ動作を行う.
午後イ	伝言	機能型	登録されている 4 種類の伝言 (とそれに合わせた動作) をタッチセンサに触れることで再生できる.
午後ウ	運勢占い	機能型	頭のタッチセンサに触れると, ランダムに 6 種類の運勢を発話する.
午後エ	漫才	シナリオ型	PaPeRo を漫才のボケ役に見立て, 人間と漫才を行うシナリオを演じる. 登場の挨拶と 2 種類のネタ (うち 1 つは人間と動作のタイミングを合わせるためにタッチセンサを利用) を披露する動作を行う.
午後オ	調理アシスタント	機能型	即席麺の調理方法について, タッチセンサに触れる順番を指示しながら説明する. 途中で 3 分間の時間を計る機能が実行される.
午後カ	アニメの再現	シナリオ型	PaPeRo をアニメキャラクターに見立て, アニメの有名なワンシーンのシナリオを演じる.

表 4 アンケートによるワークショップの評価

	大変興味を持った	興味を持った	普通	無回答
ぱぺろっち! ツール	28 名 (87.5%)	4 名 (12.5%)	0 名 (0%)	0 名 (0%)
Scratch (前日実施)	11 名 (34.4%)	15 名 (46.9%)	4 名 (12.5%)	2 名 (6.3%)

※ 「あまり興味を持てなかった」, 「全く興味を持てなかった」は共に回答者が 0 名のため省略.

4. 評価と考察

4.1 参加者の反応による総括的評価

ワークショップの終了後に記名式のアンケートを実施した. 表 4 にワークショップの内容に関する 5 段階評価の回答結果を示す. 比較のため, 表 4 には前日に実施した Scratch に関するワークショップの回答結果も示した. アンケートの結果から, 参加者は高い意欲を持ってワークショップに取り組めることが分かった. 約 90% の参加者がワークショップの内容に「大変興味を持った」と回答しており, 前日に実施した Scratch のワークショップに対する

センサーの場所に機能の概要を吹き出して記入

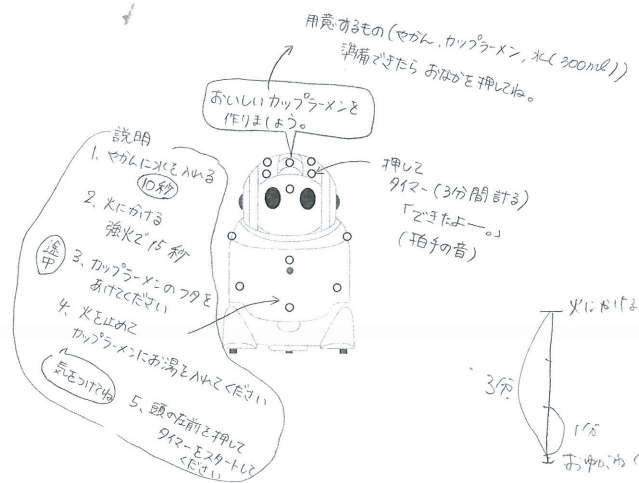


図9 「午後オ」グループの設計シート（一部抜粋）

評価より良好な結果が得られた。

Pezalla-Granlundらは文献²⁴⁾で、ロボットを使った学習に対する興味についてのジェンダー・ギャップを指摘している。利用実験の参加者は全員女子学生であったが、「ぱぺろっち！ツール」を利用したワークショップは、女子学生であっても意欲的に取り組めることが確認できた。参加者アンケートの「印象に残ったこと（自由記述）」の回答では、「思い通りにPaPeRoを動かして楽しかった」と「PaPeRoが可愛かった」がほぼ同数であった。前者のコメントはロボットを使った学習に関する先行研究において頻りに報告されるものであるが、後者は機械的な外観をしたロボットを使った場合は得られない意見である。「可愛い外観のロボットを制御する楽しさ」を提供できたことが、女子学生の意欲を維持できた要因のひとつと考えられる。

ワークショップの最後に開催した発表会では、グループによって趣向の異なる独創性のあるオリジナルロボットが制作されたため、参加者全員が他のグループの発表に熱心に聞き入る姿がみられた。競技でグループの優劣を決めるのではなく、それぞれのグループの自己表現の場として発表会を位置づけることができた。

4.2 オリジナルロボット制作の結果分析

表3に示したように、オリジナルロボットの制作については、多様なアイデアが創出されることが確認できた。PicoCricket（1章参照）のように、センサやモーターなどのモジュール化された部品を提供するという方法以外に、対人コミュニケーション機能が豊富なロボットを利用することで、創造的なワークショップが実現可能なことが示された。

オリジナルロボット制作の結果は、シナリオを演じるタイプ（表3中のシナリオ型）の発表が12グループ中8グループと多く、実用的な機能を制作したグループは（表3中の機能型）は4グループと少なかった。機能型はシナリオ型に比較してプログラムの複雑さが要求されるため、短時間でプログラミングをすることが難しい。これがシナリオ型が増えた理由のひとつとして考えられる。しかしながら、プログラムによるロボット制御の楽しさを体感するためには、一定以上の複雑さを持つプログラムを記述することも必要と思われる。これをシナリオを演ずるプログラムだけで実現するのは難しいため、シナリオ型と機能型が複合したような発表が可能ないように工夫していくことが課題と考えられる。その一案として、シナリオの中で実用的な機能を利用するポイントを設けるように指導する方法がある。例えば、「男女の喧嘩を仲裁するというシナリオ（グループ「午後ア」）」の中に、「男女の相性占い（グループ「午前ウ」）」をする場面を設けるようなアドバイスをを行うことが考えられる。

今回の利用実験では、時間の制約からタッチセンサのみを利用したオリジナルロボット制作を実施した。タッチセンサによる入力とシナリオ中の行動の関係を自然に関係づけられたのは、「午前オ」と「午後エ」の2グループであった。「午前オ」グループは父親に扮したPaPeRoの「肩を揉む」という動作を参加者が演じることにより、シナリオが展開するようなプログラムを記述した。また、「午後エ」グループはロボットの両肩に手を置く動作を合図に漫才が進行する発表を行った。このように、PaPeRoを擬人化し、PaPeRoの体に触れる行動をシナリオの中に盛り込むことにより、PaPeRoと競演する参加者の行動を自然にタッチセンサに対する入力とすることができた。タッチセンサをシナリオと関連づけて扱うためには、「PaPeRoの体に触れて、一緒に遊ぶ」というシナリオの大筋を与えるという方法も考えられる。ワークショップの題材として検討していきたい。

PicoCricketで制作した装置に比較すると、PaPeRoの外観に関する自由度は少ない。このため、ワークショップでは、PaPeRoの衣装の作成を課題とした。各グループで利用しているPaPeRoの外観は共通であったが、衣装によって独自性を強調でき、発表会のデモンストレーションにおいても演出効果が高いことが分かった。また、参加者の好みに合わせた外観を作ることによって、PaPeRoに対する愛着が湧き、創作意欲を高める効果があったと推

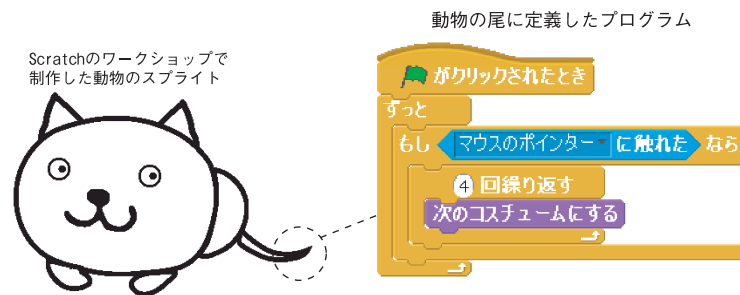


図 10 Scratch に関するワークショップで扱った動物の sprites とプログラム

測される。さらに、外観からイメージを膨らませることにより、グループ内の目標共有や、シナリオや機能の考案にも役立つと思われる。衣装の作成による発想の支援効果を明らかにするためには、詳細な作業プロセスの分析が必要と考えられ、これは今後の課題としたい。

4.3 設計シートの効果

手書きで作成させた設計シートに関しては、参加者の様子を観察するかぎり、グループ内でロボットのイメージを共有することに役立っていた。機能型のロボットの場合についてはタッチセンサの位置と機能を関連づけた設計シートでロボットの概要を表現することができる(図9に例を示した)。しかし、シナリオ型の場合は機能を明確にするより、絵コンテに近いシナリオの設計が重要となる。4.2節で述べた指導方法の改善を踏まえて、シナリオ型と機能型の融合が可能な設計シートの考案が必要と考えられる。

4.4 制御プログラムエディタの評価

利用実験では、制御プログラムエディタの操作につまずく参加者は確認できなかった。また、オリジナルロボットの制作時間は発表会を合わせて100分程度で実施できた。車型ロボットに比較すると PaPeRo の制御可能部分が多いが、Scratch を拡張した制御プログラミングエディタを利用することで、プログラミングの初学者であっても直感的に PaPeRo を制御可能な環境が提供できたと考える。

拡張したブロックの設計に関しては、表3に示したように、PaPeRo を擬人化したシナリオを作る参加者が多かった。したがって、PaPeRo のセンサ値を取得するブロックの記述に、PaPeRo を擬人化した表現(例えば、「お腹を触られた」など)を使うことは適切であると思われる。

制御プログラムエディタの操作において問題が発生しなかったことについては、事前に実

施した Scratch に関するワークショップにおいて、参加者が Scratch の基本操作を習得していたことが理由のひとつである。これに加えて、Scratch に関するワークショップにおける sprites に対するプログラミングの経験を、PaPeRo の制御プログラムを記述する時に活用できるように工夫したことが有効であった。Scratch に関するワークショップでは、動物の sprites の一部にマウスカーソルが触れたときに、sprites の画像が変化するプログラムを例として扱い、これを参加者にプログラミングさせた(図10)。図10に示したプログラムは、動物(猫)の尾の sprites にマウスカーソルが触れたときに、尾の sprites の画像(Scratch 上では sprites の見た目のことをコスチュームと呼ぶ)を連続的に変化させ、尾が動いているようなアニメーションを実現する。図10に示したプログラムは sprites に対する制御プログラムであるが、PaPeRo のタッチセンサを利用したプログラム(例を図5に示してある)も同一の制御構造で記述することができる。参加者のアンケートでも「前日に練習のような感じで Scratch を使っていたので、「ぱぺろっち! ツール」のワークショップもスムーズにできてよかったです」というコメントが得られた。

5. ま と め

Scratch を拡張した制御プログラムエディタにより、PaPeRo を制御可能な「ぱぺろっち! ツール」を NEC と津田塾大学で共同開発し、体験型学習のワークショップにおいて利用実験を行った。ロボットの利用シナリオを考え、それをプログラミングし、発表会を行うという、アイデアの創出を重視した創造的な内容の学習活動が実現できた。

今後の課題として、音声認識や顔認識機能を利用したワークショップの実施、「ぱぺろっち! ツール」の利用体験を継続的な学習活動につなげるための方策の検討などがある。

謝辞 利用実験のアシスタントとして、津田塾大学の学生の皆様に御協力いただいた。本研究の一部は平成20年度文部科学省科学技術振興調整費「女性研究者支援モデル育成事業」の助成を受けて実施された。関係各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- 1) 瀬古俊一, 山岸真弓, 中西健太, 伊与田康弘, 永井敏裕, 服部隆志, 萩野達也: ViPPER: ロボットを使用した初等教育向けビジュアルプログラミング, 情報処理学会研究報告, 2007-CE-088, Vol.2007, No.12, pp.91-96 (2007).
- 2) 高岡詠子, 伊川英男: ロボット制御による Java 言語プログラミング教育支援システム Jesle, 情報処理学会研究報告, 2003-CE-070, Vol.2003, No.70, pp.9-16 (2003).
- 3) 鎌田敏之: 教員養成におけるロボットを用いた計測制御の授業実践, 情報処理学会研

- 究報告, Vol.2009-CE-99, Vol.2009, No.11, pp.1-6 (2009).
- 4) 西ヶ谷浩史, 青木浩幸, 井上修次, 江口啓, 紅林秀治: 自律型 3 モータ制御ロボット教材を用いた計測の授業, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-098, Vol.2009, No.15, pp.113-120 (2009).
 - 5) 紅林秀治, 江口啓, 室伏春樹, 青木浩幸, 秋山友徳, 西ヶ谷浩史, 井上修次, 兼宗進: 自律型 3 モータ制御ロボット教材を用いた授業と評価, 情報処理学会研究報告, 2008-CE-094, Vol.2008, No.42, pp.57-64 (2008).
 - 6) 西ヶ谷浩史, 兼宗進, 青木浩幸, 紅林秀治: アーム付き自律型移動ロボットを使った授業実践, 情報処理学会研究報告, 2008-CE-093, Vol.2008, No.13, pp.17-23 (2008).
 - 7) 紅林秀治, 兼宗進, 青木浩幸, 鎌田敏之: 自律型 3 軸制御ロボット教材を用いた授業実践, 情報処理学会研究報告, 2007-CE-088, Vol.2007, No.12, pp.111-118 (2007).
 - 8) 紅林秀治, 兼宗進: 制御と計測を取り入れた情報教育の提案, 情報処理学会研究報告, 2004-CE-076, Vol.2004, No.100, pp.41-48 (2004).
 - 9) 村松浩幸, 岡田雅美, 阿久津一史, 兼折泰彰, 鈴木善晴, 長谷川元洋: 中学校技術・家庭科における制御教材の開発と評価: 制御教材の 3 つの開発課題に対応して, 日本教育工学会論文誌, Vol.29 (Supple.), pp.177-180 (2006).
 - 10) 佐藤和浩: 小学校中学年におけるロボット教材を導入した学習実践について-9 才の情報教育-, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-098, Vol.2009, No.15, pp.105-111 (2009).
 - 11) 小倉信彦, 渡辺晴美: ロボットコンテストを利用した組込み教育の実践, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.10, pp.3531-3540 (2008).
 - 12) 高瀬えりか, 村上智史, 後藤洋信, 坂本雅洋, 江見圭司: ドリトルを用いたオブジェクト指向チーム開発学習の実践と評価, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-098, Vol.2009, No.15, pp.201-204 (2009).
 - 13) 早川栄一, 高橋文博, 青嶋健一: 情報系工学科におけるロボットを用いた組込みシステム教育の実践, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-098, Vol.2009, No.15, pp.127-134 (2009).
 - 14) 高橋修司, 中村州男, 江見圭司, 村上智史, 橋本拓哉, 橋川竜起, 西村憲二, 高橋嘉也, 竹内勇貴, 松井宏樹, 岡村勝: ドリトルを用いたモデル化・シミュレーション・オブジェクト指向開発の自学自習実践, 情報処理学会研究報告, 2008-CE-094, Vol.2008, No.42, pp.35-40 (2008).
 - 15) 志子田有光, 加藤和夫, 菅原 研, 松澤 茂, 河田拓朗, 川田徳明, 井口 巖, 佐藤徳男, 佐々木整: 高大連携による組み込み教材開発と高大生交流授業モデルの実践, 日本教育工学会論文誌, Vol.32, No.2, pp.141-148 (2008).
 - 16) 西野洋介, 田中裕樹, 川口貴弘, 早川栄一: 工業高等学校における OS 学習支援環境の実践と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.8, pp.2802-2813 (2007).
 - 17) 中村好則, 後藤 豊: 携帯電話で操作するロボット教材の聾学校における可能性, 日本教育工学会論文誌, Vol.31 (Supple.), pp.81-84 (2008).
 - 18) FIRST and LEGO Group: FIRST LEGO League International, <http://www.firstlegoleague.org/> (2010.1.27 参照).
 - 19) ロボカップ日本委員会: ロボカップ日本委員会公式ホームページ, <http://www.robocup.or.jp/> (2010.1.27 参照).
 - 20) 山下博之: 小中学生を対象としたロボット競技会と総合理科教育, 情報処理学会研究報告, 2003-CE-070, Vol.48, No.5, pp.502-511 (2007).
 - 21) 佐藤和浩, 紅林秀治, 兼宗進: 小学校におけるプログラミング活用の現状と課題, 情報処理学会研究報告, 2005-CE-078, Vol.2005, No.15, pp.57-63 (2005).
 - 22) 鈴木裕利, 藤吉弘亘, 藤井隆司, 石井成郎: 工学部における創造性教育の実践と学習成果の評価, 情報処理学会研究報告, 2005-CE-082, Vol.2005, No.123, pp.69-76 (2005).
 - 23) 鈴木裕利, 藤吉弘亘, 藤井隆司, 石井成郎: 工学部の創造性教育におけるデザイン能力評価のためのフレームワークの提案と実践, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-120, Vol.2009, No.16, pp.1-8 (2009).
 - 24) Pezalla-Granlund, M., Rusk, N., Resnick, M. and Berg, R.: Rethinking Robotics: Learning through Creative Engineering, *ASTC Conference* (2005). <http://llk.media.mit.edu/projects/pie/Rethinking-Robotics-Ideas.pdf> (2010.1.27 参照).
 - 25) The Playful Invention Company: PicoCricket, <http://www.picocricket.com/> (2010.1.27 参照).
 - 26) CAMP ワークショップコミュニティ: クリケット・ワークショップ, <http://cricket.camp-k.com/> (2010.1.27 参照).
 - 27) Rusk, N., Resnick, M., Berg, R. and Pezalla-Granlund, M.: New Pathways into Robotics: Strategies for Broadening Participation, *Journal of Science Education and Technology*, Vol.17, No.1, pp.59-69 (2008).
 - 28) NEC: コミュニケーションロボット PaPeRo, <http://www.nec.co.jp/products/robot/> (2010.1.27 参照).
 - 29) 河田博昭, 高野陽介, 岩田義行, 金丸直義, 山田智広, 阿部匡伸, 手塚博久: ロボットインタフェースを利用した非同期コミュニケーションの保育への適用及びその評価, 情報処理学会研究報告, 2008-DD-067, Vol.2008, No.70, pp.1-6 (2008).
 - 30) Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernandez, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B. and Kafai, Y.: Scratch: Programming for All, *Communications of the ACM*, Vol.52, No.11, pp.60-67 (2009).
 - 31) Lifelong Kindergarten Group at the MIT Media Laboratory: Scratch: Imagine, Program, Share, <http://scratch.mit.edu/> (2010.1.27 参照).
 - 32) レゴジャパン株式会社: レゴマインドストーム公式サイト, <http://www.legoeducation.jp/mindstorms/> (2009.1.27 参照).