

令和 元年 5月 20日現在

機関番号：20103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12675

研究課題名(和文) 実体ブロックを用いたプログラミング学習環境の研究と開発

研究課題名(英文) Research and development of a programming learning environment using tangible blocks

研究代表者

迎山 和司 (Mukaiyama, Kazushi)

公立ほこだて未来大学・システム情報科学部・教授

研究者番号：20363715

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：プログラミング学習において、子どもたちが協調作業を体験するためのツールとそれを効果的に使用するための活動をPlugrammingと名付けて設計・開発した。プログラムコマンドをブロックとして実体化し、ケーブルの連結つまりプラグイン(Plug-in)によってプログラミング(Programming)を行うことができるからである。Plugrammingを用いて3回のワークショップを実施し、協調作業が促されることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

プログラミング教育の必修化が導入されようとしている現在、効果的なプログラミング学習が求められている。本研究は小学生を対象として協調的な学びを促進するワークショップデザインを主眼としている。プログラミングは情報科学の分野であるが、その学習をデザイン的な視点から考案するところが本研究の特色である。実際の活動の中で、プログラミング学習方法を改良していく過程の記述は、今後のプログラミング学習に貢献できる。

研究成果の概要(英文)：This research designed and developed a tool and a method named "Plugramming" for children to experience collaborative work and an activity in programming learning. This tool can make a program by plugging tangible blocks with cable connection. We held three workshops and confirmed to promote children's collaboration using Plugramming.

研究分野：デザイン学

キーワード：子どもの学習 CAI タンジブルユーザインタフェース

1. 研究開始当初の背景

コンピュータの普及に伴いコンピュータリテラシーの獲得が重要視されている。このような学習に、ワークショップでの協調作業が有効な方法であるが、モニターやキーボードという1人で操作する機材の制約を受け、協調作業が困難となっている。これは、他人の創意工夫を目撃し1人では得られない学習や体験の機会を、プログラミング学習では失っていると言える。

これまでのプログラミング学習や体験の場では、従来のテキスト型のプログラミングツールではなく Scratch に代表されるビジュアル型のプログラミングツールが用いられている。しかし、ビジュアル型のプログラミングツールであっても、多くはテキストをアイコン化し、マウス操作できるようにしたものになっている。そのため、読み解き方はテキスト型のプログラムと変わらない。テキストは上から下へという構造を持つが、プログラムは条件による分岐、関数の呼び出し等、プログラムごとに多様な構造を持つ。この構造を視覚化するには従来のテキスト・ビジュアル型から脱却し、新しいプログラミング方法とツールが必要となる。

また、プログラミング学習の問題として、1人1台のPCを持ち周囲に注意を向けることなく学習を行うという状況が起こる。この状況の改善には実体を持つインタフェース、つまりタンジブルユーザインタフェースが有効であるとされ、様々なプログラミングツールが開発された。実体を持つブロックを用いたプログラミングツールとしては鈴木ら、そして Horn らの研究がある [1][2]。彼らは、ユーザ同士の協調作業を促す事を目指しており、実体を持つブロックがそれに貢献することを明らかにしている。そこで、本研究で目指すのは、プログラムの構造が実体性を持って視覚化され、協調作業を促進するプログラミング学習環境である。

[1] 鈴木栄幸, 加藤浩, 協同学習環境のためのインタフェースデザイン—「アルゴブロック」の設計思想と評価, 加藤浩, 有元典文(編), 認知的道具のデザイン, 金子書房, pp. 72-73, (2001)

[2] Michael S. Horn and Robert J. K. Jacob, Proceeding of TEI'07, (2007)

2. 研究の目的

子どもたちが協調作業を体験するためのプログラミングツールとそれを効果的に使用するための活動を共に設計・開発する。そして、既存のプログラミングツールである Scratch を用いた活動と比較し、引き起こされた協調作業の特徴を明らかにする。

本研究では、この協調作業を「協調的なデザイン」と呼ぶ。これは、他者との相互作用がある中での表現やものづくりのことを指す。他者との相互作用とは、例えば、それぞれが表現・ものづくりを行う中で他者の作品に触れることや、自分の作品が鑑賞の対象になることである。また、他者と表現・ものづくりの過程を共有することで、様々な気づきや発想を得ることも含まれる。このような相互作用は市民が参加する表現や学習の場であるワークショップ等で観察できる。

3. 研究の方法



図1. 開発したプログラミングツール

本研究では以下の方法によって目的の達成を行った。

- (1) 構造を実体化した協調作業可能なプログラミングツールの開発
- (2) 開発したプログラミングツールを用いた活動の設計
- (3) 開発したプログラミングツールを用いたワークショップの実践

以上の3つの過程はそれぞれ一回限りではなく、繰り返すことによって考察を深めツールの機能と活動を洗練させていった。以下に各過程を説明する。

(1) プログラミングツールの開発

協調的なデザインを体験するためのプログラミングツールを開発した。これを **Plugramming** (プラグラミング) と呼ぶ。Plugramming は造語であり、この道具と活動の本質的な要素である「つなぎ合わせる」というプラグとプログラミングを掛け合わせている。

Plugramming は主にモジュールブロックとプラグケーブルで構成されている (図 1)。図中左上がプラグケーブル、左下の 5 つのブロックがモジュールブロックである。図中右の電気部品と数字ブロックは特定のブロックとともに使用されるものである。モジュールブロックは条件分岐と言ったプログラミングにおける各要素を表し、ユーザはモジュールブロック同士をプラグケーブルによって接続することでプログラムを作ることができる。このため、全体のプログラムの構造や流れを卓上で一覧しやすい。例えば、条件によって動作が変化するプログラムを作成すると、ケーブルの分岐が表れる。そして、1 つのプログラムを複数のユーザが積み木のように作るので、ユーザの協調作業を生みやすくなっている。

Plugramming では、電気部品を動作させるためのプログラムを作成することができる。電気部品とは、例えば LED、電子ブザー、モータ等の電気で作動する部品である。また、特定のモジュールブロックにはセンサを装着することができる。例えば、光センサ、スライドセンサ、音量センサ等である。センサを装着したモジュールブロックを用いることで、周りの環境に合わせて動作が変化するプログラムを作成できる (図 2)。

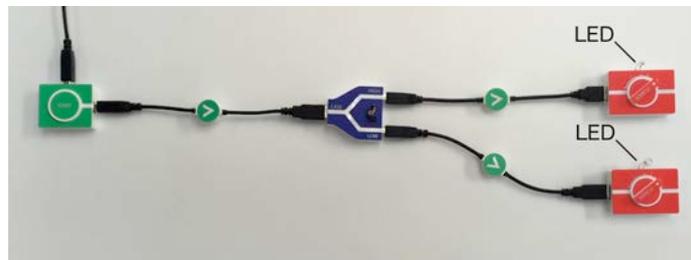


図 2. プログラミングツールの使用例

(2) プログラミングツールを用いた活動の設計

協調的なデザインの体験は道具だけでは成り立たず、活動の設計も必要になる。そこで、**Plugramming** を道具として用いる活動を 2 つ設計した。この 2 つの活動はワークショップでの実践を想定している。一つは「人間プログラミング体験」もう一つは「クリスマスカード撮影会」である。それぞれの活動について以下に述べる。

人間プログラミング体験は、2 つのパートで構成された活動である。プログラムの実行の流れを体験するパート A と、条件分岐によってプログラムの実行が変化する様子を体験するパート B である。

パート A の活動では、それぞれの参加者がプログラムコマンドを演じながら、ボタンリレーを行うことでプログラムを体験する。この活動は模造紙とペン、レゴブロックとカードを使用する。参加者は、模造紙にフローチャートのようにプログラムを描き、レゴブロックを配置したものを用意する (図 3)。それに従ってボタン代わりにペンを受け渡すことを行う。この時、ボタンを持った参加者は各ステップのプログラムのコマンドを演じなければならない。この活動を通して、子どもたちにはプログラムがコマンドひとつひとつの集まりであり、実行には流れがあることを体験してもらう。

パート B では、**Plugramming** を使ってパート A で自分たちが体験したプログラムを再現する活動を行う。**Plugramming** の **POWER** ブロックに接続できる電気部品は、LED、DC モータ、電子ブザーを用意する。また、**CASE** ブロックに接続するセンサとして光センサを用意する。**Plugramming** は、**CASE** ブロックに装着されたセンサによって条件分岐を行う。そのため、子どもたちは **CASE** ブロックによってどのようにプログラムを動作させるかを体験することが中心になる。パート A のプログラムの再現がひと通り終わった後は、他にどのようなプログラムが作れるかを試行錯誤する時間を設ける。特に、センサの反応によってプログラムの実行の流れが変化する **CASE** ブロックを試すことを促す。

クリスマスカード撮影会は、各参加者が制作したクリスマスカードを用いてパフォーマンスを撮影し、鑑賞することを目的とした活動である。クリスマスカードはいくつかの切り込みを入れて折ることで、立体的になるように設計した。また、カードには導電テープが貼付してある。そのため、モータ、LED 等の電気部品を用いて、回転する飾りや LED を取り付けられるようになっている。参加者には、クリスマスカードの工作から、モータやモータドライバの接続等も含めて制作を行ってもらう。ここまでで、電気工作と白紙のクリスマスカードができる (図 4)。次に、参加者ごとに白紙のクリスマスカードにカラーペンで絵や着色を行ってもらう。

ここまでで工作は終了である。次に、参加者ごとに **START**、**POWER** ブロックを用いてクリスマスカードを動作させる。そして、動作を確認した後は、グループ内で **Plugramming** を通してクリスマスカードをつなげる。そして、グループ全体でクリスマスカードを動かしている

様子を撮影し、グループ内で確認することを目標として提示する。

この活動では、クリスマスカードの工作というデザインの対象を定めた。人間プログラミング体験では、参加者のデザインの対象を定めていなかったからである。そして、個人の作品が他の作品とコラボレーションし、新たな価値が生まれるように設計を行った。



図 3. 人間プログラミング体験

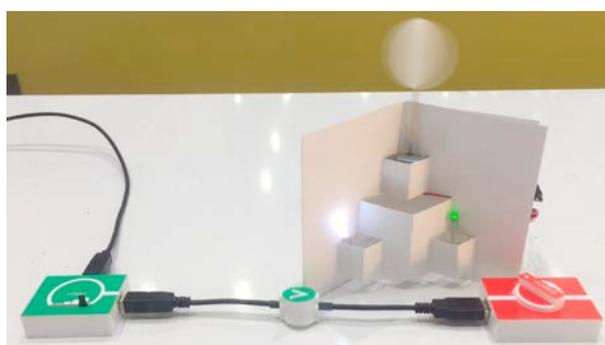


図 4. クリスマスカード撮影会

(3) ワークショップの実践

上記の **Plugramming** と **Scratch** を用いた活動を比較するため、3つのワークショップの実践を行った。参加者は上限を20名として、小学校高学年から中学生を対象とした。

研究者らはファシリテータとして参加し、状況に合わせて活動の修正や時間の調整を行った。それぞれのワークショップでは参加者のふりかえりアンケート、カメラによる記録、研究者による参加者の参与観察を行った。ふりかえりアンケートはワークショップの最後に実施した。アンケート内容は「感想や学んだこと、その他の気づき」という1つの自由記述に回答の設問で構成した。回答の際、特にワークショップ中の特定の活動に関して記述を促すことは行わなかった。

4. 研究成果

どのワークショップでも、参加者全員が何らかの形で他者と関わり、活動を行っている様子が観察され、ワークショップの成果として作品や動画、パフォーマンス等の表現物が生まれた。そして、ワークショップの活動に対する十分な満足度がふりかえりアンケートの回答から読み取れた。そのため、**Plugramming** と **Scratch** を用いた活動のどちらも、子どもたちに協調的なデザインの成功体験を与えることができたと考える。

しかし、与えられた協調的なデザインの体験には違いがあったと思われる。なぜならば、**Plugramming** と **Scratch** を用いた活動ではグループ分けの人数に違いがあったからである。**Plugramming** では4、5名のグループ、**Scratch** では2名のペアであった。それぞれの傾向として、ペアによる活動では互いの発言が活発に行われ、グループによる活動では作業分担や誰かが中心となって活動や議論を進める様子があった。

それぞれのワークショップ実践と、**Scratch** との比較の結果から **Plugramming** によって起きる協調的なデザインにおいて明らかになった特徴は以下である。

Plugramming は実体性とプラグケーブルによって「つながる」という形態を持つ。そして、それ自身が子どもたちにとって試して遊べる興味の対象になっている。そのため、子どもたちは主体性を持って協調的なデザインを行う。**Scratch** の場合は、プログラムの実行結果が子どもたちの興味の対象となり、それぞれが個々の活動を行いがちである。一方、**Plugramming** では、臨機応変に進行するため、ワークショップ参加者によって協調的に活動がデザインされ、拡張することができる。拡張された活動は、記録活動を行うことで、協調的なデザインの成果物としてふりかえりや吟味を行うことができる。

今後は、上記の設計手法にもとづき **Plugramming** の開発・設計を継続し、より多様性のある

ものに発展させていきたい。特に、ワークショップの実践を記録し、ふりかえりや吟味を行うための仕組みが求められる。子どもたちが、体験した協調的なデザインをふりかえり、重要性を感じ取るためにはファシリテータによる意味付けや問いかけ等、気持ちや気づきを言語化するための支援が重要であると考えられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

1. 八城 朋仁, 迎山 和司, 原田 泰: プログラミング:子どもたちの協調作業のためのプログラミングツール, デザイン学研究作品集, 査読有, 第 23 巻, 2018, pp. 1_40-1_45, https://doi.org/10.11247/adrjssd.23.1_1_40
2. 八城 朋仁, 迎山 和司, 原田 泰: 協調的なデザインを体験するためのプログラミングツールと活動の設計, 情報処理学会論文誌, 査読有, 第 59 巻, 2018, pp. 822-833, <http://id.nii.ac.jp/1001/00186723/>
3. Tomohito Yashiro, Yasushi Harada, Kazushi Mukaiyama: Plugramming: A Tangible Programming Tool for Children's Collaborative Learning, Human-Computer Interaction. Interaction Contexts. HCI 2017. Lecture Notes in Computer Science, Springer, 査読有, vol.10272, 2017, pp. 398-409, https://doi.org/10.1007/978-3-319-58077-7_32

〔学会発表〕(計 6 件)

1. 八城 朋仁, 迎山 和司, 原田 泰: Plugramming:子どもたちの協調作業のためのプログラミングツール, 日本デザイン学会平成 29 年度秋季大会学生プロポジション, 2017 (優秀賞)
2. Tomohito Yashiro: Plugramming: A Tangible Programming Tool for Children's Collaborative Learning, Scratch Conference 2017 in Budapest, 2017
3. 八城 朋仁, 迎山 和司, 原田 泰: Plugramming:協調作業のためのタンジブルなプログラミングツール, 平成 29 年度日本デザイン学会春季研究発表大会, 2017
4. Tomohito Yashiro, Kazushi Mukaiyama, Yasushi Harada: Plugramming : a tangible programming tool for children's collaborative learning, HCI International 2017, 2017 (Invited)
5. Tomohito Yashiro, Yasushi Harada: Tangible programming, Scratch Conference 2016, 2016
6. 八城 朋仁, 迎山 和司, 原田 泰: Plugramming:協調作業を促すためのタンジブルなプログラミングツールの制作, 日本デザイン学会第 63 回研究発表大会, 2016

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 原田 泰

ローマ字氏名: Yasushi Harada

所属研究機関名: 公立はこだて未来大学

部局名: システム情報科学部

職名: 教授

研究者番号 (8 桁): 00272188

(2) 研究協力者

研究協力者氏名: 八城 朋仁

ローマ字氏名: Tomohito Yashiro

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。