

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

八城 朋仁^{1,a)} 迎山 和司^{2,b)} 原田 泰^{2,c)}

受付日 2017年6月14日, 採録日 2017年12月8日

概要: 近年, 情報機器は普及し, 誰でも自由に使用できるようになった. デジタルネイティブと呼ばれる世代の子どもたちは, 生まれたときから情報機器に囲まれて育ち, それらを用いて様々な活動を行っている. しかし, 依然として生産者から提供されるソフトウェアを使用する消費者の立場にある. つまり, 様々な活動を行ってはいるものの, 活動内容は使用するソフトウェアによって左右される. 生産者と消費者の関係から脱却するためには, 社会や他者との関わりの中で自ら表現や活動を行うことが重要である. 本研究では, 他者と相互作用がある中での表現やものづくりを協調的なデザインと定義し, それを行う手段としてプログラミング活動を展開しようとしている. 本論文では, 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として設計・開発した Plugramming とその実践結果について述べる. また, 既存のプログラミングツールによる活動の実践と比較して明らかになった Plugramming によって起きた協調的なデザインとその特徴について報告する.

キーワード: 協調作業支援, プログラミングツール, ワークショップデザイン, タンジブル・ユーザ・インタフェース

Programming Tool and Activities for Experiencing Collaborative Design

TOMOHITO YASHIRO^{1,a)} KAZUSHI MUKAIYAMA^{2,b)} YASUSHI HARADA^{2,c)}

Received: June 14, 2017, Accepted: December 8, 2017

Abstract: This paper describes a programming tool and activities for experiencing collaborative design. We named Plugramming that the combination of the tool and the activities. Plugramming's purpose is that children get experience about collaborative design. This experience is important for them to use computers in the future. Workshop is good example to get the experience through collaboration with others. Therefore, Plugramming is focused to take the advantage of collaboration comparing other tools. To evaluate Plugramming, we held a workshop and observed children. Moreover, we compared Plugramming and activities using existing programming tools. As the result, we found features of collaborative design caused by Plugramming.

Keywords: collaborative work support, programming tool, workshop design, tangible user interface

1. はじめに

コンピュータが普及した現在, プログラミングは効率化のための道具を生み出すだけでなく, 絵筆のような表現手段の1つになりうる. デジタルネイティブと呼ばれる世代の子どもたちは情報機器に囲まれて育ち, 多様な活動で使いこなしている. しかし, 使用はしても情報機器を用いて何かの創造は行っていないと, Resnick は述べている [1].

¹ 公立はこだて未来大学大学院
Graduate School of Computer Science, Future University
Hakodate, Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan

² 公立はこだて未来大学
Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido 041-8655,
Japan

a) g3115003@fun.ac.jp

b) kazushi@fun.ac.jp

c) haraday@fun.ac.jp

情報化社会の中で、プログラムはソフトウェアとして生産者から消費者に提供されるものとして存在している。そして、消費者である市民は与えられた道具によって表現を行うことが一般化している。たとえば、DTP 分野では、デファクトスタンダードといえるソフトウェア (Adobe Illustrator, Adobe Photoshop 等) がある。しかし、使いやすくすることの結果として、これらのソフトウェアはコンピュータの潜在能力をいくつも覆い隠している [2]。情報機器により各人の能力が支援されるはずが、実際には提供されるソフトウェアによって、発揮できる能力を制限されている。ソフトウェアの機能を超越する表現を行うためには、新たな機能の提供を待たなければならない。

コンピュータはアイデアを実現するための強力な道具である。それは、プログラミングによって様々なものに変容するためである。しかし、コンピュータのユーザの多くは、自分の目的に合ったソフトウェアを探し、操作を学ぶことはするが、自ら作り出すことは少ない。コンピュータを表現のための道具とし、子どもたちが生産者-消費者の関係から抜け出すためには、社会や他者との関わりの中で表現や活動を行うことが重要である。なぜならば、何かを創造する行為は、他者の表現物との関わりや意見によって推進され、社会的な価値付けがなされるためである。

そこで、本論文では子どもたちが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それを効果的に使用するための活動をとともに設計・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的なデザインの特徴を明らかにする。

2. 協調的なデザインの必要性

本研究において「協調的なデザイン」とは、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、たとえば、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。

ワークショップは創造的活動を通して様々な学びが起きる場として設計される [3]。そのため、成果物が生まれることだけでなく、その過程の経験も大事な要素である。そして、その過程の中ではワークショップの参加者の間で様々な反応が起こることが期待される。ワークショップの原義は工房であり、ものづくりの場である。つまり、参加者たちは「協調的なデザイン」を行っているのである。

子どもたちが協調的なデザインを体験する意義は、様々なことが考えられる。たとえば、デザインワークショップであれば、デザインの成果物の質の向上、デザインの考え

方や技術の取得等があげられる。様々なワークショップがある中で、共通して重要なことは他人と相互作用する中で表現やものづくりを経験し、子どもたちがそれらに対して前向きになることである。

そして、社会の中でも協調的なデザインの重要性が高まっている。表現やものづくりは専門性が高まるにつれ、得意とする者がそれ以外の者に表現物を提供するようになった。その結果、生産者 (たとえば、デザイナー、エンジニア) と消費者が分離している現状がある。そのため、近年では、ユーザがデザインプロセスに参加しニーズの理解や操作性を確認する参加型デザインや、創造的なプロセスへユーザが参加する共創型デザインの試みが行われている [4]。将来的にこれらの試みが実用化された社会の中では、協調的なデザインを経験していることが重要になるだろう。

3. 関連研究

協調的なデザインを行うとき、いくつかの道具は有用である。模造紙や付箋は、対話の記録やアイデアの視覚化等コミュニケーションを円滑にする道具である。これらは総じてアナログな道具である。つまり、道具の形態によって使用者の振舞いは変化し、協調的になりうる。

協調的なデザインのためのプログラミングツールには、タンジブル・ユーザ・インタフェースが有効であると考えられる。以下では、タンジブル・ユーザ・インタフェースを用いたプログラミングツールと、道具と活動を一体としてとらえるデザイン手法についての研究を紹介する。

鈴木らは協調作業のための道具の要件として2つのことをあげている。それは「オープンな道具」[5]と、もう1つは作業の場が混乱しないための参加者の「リソースへのアクセスのコントロール」である [6]。「オープンな道具」[5]とは他者から使用している様子が詳細に観察可能な道具のことを表す。次に「リソースへのアクセスのコントロール」だが、ここでのリソースとは作業空間内にあり参加者が作業の過程において相互作用するものを指す。たとえば、他の参加者、書き留められたアイデア、参考資料、作業のための道具等である。また、鈴木らは協調作業の要件の考察から、実体のあるプログラミング環境であるアルゴブロックの開発を行った。この実体性により、身体動作が、会話のリソースやリソースへのアクセスのコントロールの手段となって協調作業を支援することを明らかにした [6]。この結果を支持するものが Horn らの研究である。Horn らはグラフィカルなプログラミング環境とタンジブルなプログラミング環境を比較するために、科学館での展示を通して利用者の観察を行った。その結果、理解度は同様だったが、タンジブルなプログラミング環境の方がより展示を試す可能性やグループでの参加が積極的になる可能性が高いことを示した [7]。

須永らは、芸術の専門家ではない市民が表現をするための活動プログラムと、それを支える道具として、博物館でのワークショップと Zuzie という表現ツールをデザインした [8]。この活動と道具によって、参加者による表現が行われた。また、表現の過程で様々な形のふりかえりと吟味が行われ、それが次の表現への原動力になったと報告している。この研究では、活動と道具を一体のものとしてとらえるデザイン手法を用いている。これはデザインのスコープを「道具」にしぼる前にそれを「人々の活動」に広げ、デザインの対象とするためである。本論文でも同様に、協調的なデザインを支援する道具だけでなく活動とともに設計を行う。

4. Plugramming の設計と開発

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と、それを有効に扱うためのプログラミング活動を設計・開発した。この道具と活動の 2 つを合わせて、Plugramming と呼ぶことにする。また、道具と活動を区別する必要がある場合はプログラミングツールを Plugramming Tool とし、プログラミング活動を Plugramming Activity と記述する。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かけ合わせている。以下では、道具の開発手順と機能・形態、そしてプログラミング活動の設計について述べる。

4.1 Plugramming Tool の開発手順

協調的なデザインを支援するため、Plugramming はタンジブルなプログラミングツールとして開発を行った。開発にあたり、現在、利用されているツールを調査し、それらの課題を検討した。1 つは MESH というプロトタイプングツールで、もう 1 つは Scratch である。プロトタイプングツールとは、ある新製品やアイデアの検証のための試作、つまりプロトタイプングを支援するためのツールである。

MESH [9] は Plugramming Tool と近い実体のあるモジュールブロックを採用し、それらを無線によって連携させている。このツールの試用を行うことで調査を行った。モジュールブロックには LED、センサ、スイッチ等を担当するものがあり、タブレットで駆動するアプリケーション上で連携の仕方を設定できる。また、モジュール化されているため日用品や工作に組み込みやすい。しかし、これは日用品に組み込む際には便利であるが、各ブロックどうしのつながりがタブレット上でしか確認できない。そのため、モジュールブロックどうしのつながりが見えにくい。ここから、モジュールが無線で接続されるという形態は、本研究で目指す、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には適さない。

Scratch は画面上で仮想のブロックを組み合わせること

でプログラミングできるビジュアルプログラミング言語である [10]。この Scratch を用いたワークショップ実践を通して、プログラミング学習において特に支援が必要な部分が明らかになった。例として、2015 年 7 月に開催した、操作可能なキャラクターアニメーションのプログラミングを題材とするワークショップについて以下に述べる。このワークショップにおいて研究者はファシリテータとして参加し、参与観察を行った。

どの子どもたちも、キャラクターアニメーションはブロックを組み合わせることで実現できることを理解し扱うことができていた。しかし、キーボードによるキャラクターの操作には「もし、左矢印のキーが押されたならば左に移動する」といった条件分岐をプログラムする必要がある。ところが、Scratch の経験が少ない子どもたちは作例を模倣するだけで、自分で条件分岐の意味を考えることがなかった。

彼らは、手当たり次第に試すという行為をするので、時間がかかっても改良するべき場所を見つける。しかし、なぜ条件分岐によってキャラクターが制御できるのか考えることなしに次の作業に移ってしまうため、再度同じ変更が必要になったときにもその箇所を初めから探していた。逆に、Scratch の経験が多く、条件分岐を理解できている子どもたちは、作例を模倣することなくゲームを作れた。

この観察結果は、条件分岐等のプログラムの実行順の理解が、プログラミングによるアイデアの実現において重要なことを示している。

次に、タンジブルなプログラミングツールとして、プログラム自体が構造とプログラムの実行順を視覚化する方法を検討した。検討は、Scratch を含むビジュアルプログラミング言語の調査と、プログラムを視覚的に図示する手法の調査によって行った。

Scratch 等のビジュアルプログラミング言語の多くは、コマンドを仮想のブロックとして表現し、積み木のように組み合わせる。これは、キー入力の煩わしさを軽減させ、ユーザの操作を自然に誘導することができる。また、最終的に組み上がったブロックのテキスト部分は、C 言語のようなテキストで書かれたプログラムコードのように読むことができる。

しかし、ブロックの並びは、テキストによるプログラムコードのように上から順に 1 列に並ぶようにしか表現されていない。プログラムの実行の流れを読み解くには、プログラムコマンドについて学んだ後、自ら追跡しなければならない。そのため、プログラミング初学者の子どもたちがプログラムの実行の流れを意識することは難しい。子どもたちのプログラムの実行の流れの理解を促すためには、コードがテキストとして上から順に 1 列に並ぶ表現以外を模索しなくてはならない。

プログラムを視覚的に図示する手法として、フローチャー

トがあげられる。フローチャートはプログラムの実行の流れがシンボルと線で表現されている [11]。そのため、テキストによるプログラムコードと比較すると、プログラムの構造と実行の流れが一覧で確認できる。フローチャートのようなシンボルと線による表現は、開発するタンジブルなプログラミングツールの形状に応用できる。

以上より、本研究ではプログラム自体の構造とプログラムの実行順が一覧しやすく、複数の開発者がお互いに協調して作業を行えるツールを開発することにした。

4.2 Plugramming Tool の機能・形態

Plugramming Tool 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。Plugramming Tool の構成要素を示す (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い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どうし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。たとえば、条件によって動作が変化するプログラムを作成すると、ケーブルの分岐が現れる。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。

プログラムを実行したとき、モジュールブロックは 1 つが 1 ステップとして扱われ、順番に実行される。各ステップの間では、モジュールブロックを接続しているプラグケーブルが明滅し、実行の流れを見ることができるようになっている。ステップの実行時間とケーブルの明滅時間は、両方とも 1.5 秒である。これは、ユーザがプログラムの実行されている様子を観察できる速度として設定した。モジュールブロックはケーブルを通してシリアル通信を行

い、ステップの実行のタイミングを決定している。また、このケーブルは内部に LED を持ち、プログラムの実行に合わせて明滅する。プラグケーブルのコネクタの形状は、USB コネクタ A-B タイプのものを用いて逆向きに接続できないようにした。

Plugramming Tool では、電気部品を動作させるためのプログラムを制作することができる。電気部品とは、たとえば 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。たとえば、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。

モジュールを組み合わせることで電気工作を行える他のツールとして、littleBits [12] があげられる。Plugramming Tool はプログラムの実行の流れの理解を目指しているのに対して、littleBits は電気工作を専門知識なしで作成することに主眼を置いている。そのため、littleBits では条件分岐が論理回路によって表されるし、電気回路と同様にモジュールの接続順に動作するのではなく、全体のモジュールが同時に機能しているように見える。

Plugramming Tool のモジュールブロックは、START、POWER、CASE、REPEAT ブロックの 4 種類がある。ただし、後述するワークショップ実践の時点では REPEAT ブロックは開発されておらず、活動には使用されていない。モジュールブロックはレーザカットされたアクリル樹脂と電気回路板で制作されている。すべてのモジュールブロックの電気回路板には、PIC マイクロコントローラと、入力・出力のための USB コネクタが共通で取り付けられている。モジュールブロックの接続には、この USB コネクタを用いている。ユーザは、USB コネクタどうしをプラグケーブルによって接続することで、プログラムを作成できる。以下に、それぞれのモジュールブロックについて述べる。

START ブロックは必ずプログラムの先頭に使われる。中央部分はボタンとなっていて、プログラムを実行する機能を持つ。

POWER ブロックは接続された電気部品を動作させるために使用する。そのため、入力と出力のための USB コネクタの他に、電気部品を接続するためのコネクタ部分がある。このコネクタ部分は、汎用的な構成となっており、様々な電気部品が接続可能になっている。中央部はダイヤルとなっており、電気部品の動作を変化させることができる。

CASE ブロックは装着されたセンサの値により、次に実行するモジュールブロックを変化させることができる。そのため、出力のための USB コネクタ部分は 2 カ所ある。また、ブロックの表部分にはセンサを装着するためのコネクタ部分がある。POWER ブロックと同様に、コネクタ部分の構成は汎用的なものを使用している。センサ単体の装



図 1 Plugramming 構成要素の一覧

Fig. 1 Plugramming's modules and cables.

着はできず、ユーザはセンサのための電気回路を用意し、CASE ブロックに接続することでセンサを使用できる。たとえば、使用される電気回路としてセンサと抵抗を用いた分圧回路があげられる。CASE ブロックの PIC マイクロコントローラ内において、センサの値は 0 から 1,024 の値で扱われる。そして、CASE ブロックはセンサの値が 512 より高いかどうかを判断し、次に実行するモジュールブロックを選択している。512 を閾値として判断の基準とすることは、環境の変化やセンサの性質の違い等に対して不十分な点がある。しかし、PIC マイクロコントローラ内の処理では、様々な使用状況への対応が困難である。そのため、使用状況に合わせて、ユーザがセンサを用いるための電気回路を変更することを想定している。上記のセンサのための電気回路の例でいえば、分圧回路に使用する抵抗の変更や可変抵抗の使用等が必要である。

REPEAT ブロックは REPEAT-a、REPEAT-b ブロックに分かれている。REPEAT ブロックを使用する場合には、REPEAT-a、REPEAT-b ブロックの両方をプログラムに含める必要がある。この 2 つのブロックの間に他のモジュールブロックを接続することで、動作を繰り返すことができる。繰り返しの回数は 0 から 9 の数字で指定する。数字もまた、ブロックとして表現している。REPEAT-b ブロックには 2 つの数字ブロックを接続することで 2 桁の回数まで指定ができる。数字ブロックは磁石によって REPEAT-b ブロックに接続される。

Plugramming Tool による、条件によって動作が変化するプログラムの例を示す (図 2)。このプログラムは 2 つの LED のうちどちらかを選択し、点灯させるプログラムである。このプログラムでは、LED が取り付けられた POWER ブロックが 2 つ CASE ブロックに接続されている。CASE ブロックには光センサが取り付けられている。プログラム実行時、光センサが反応する・しないことによって次に動作する POWER ブロックが選択され、LED が点灯する。

Plugramming Tool によるプログラムでは、先頭に必ず START ブロックが使用される。また、START ブロックはプログラム中に 1 つのみ使用される。START ブロック以外のモジュールブロックに使用個数の制約はなく、いくつでも使用することができる。ただし、Plugramming Tool

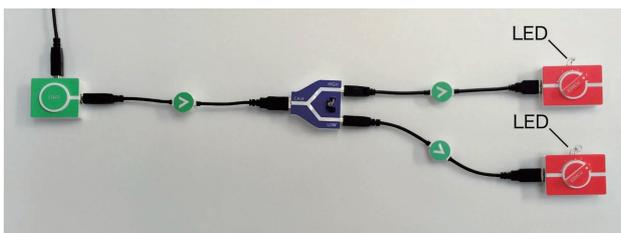


図 2 CASE ブロックによって LED の点灯が変化するプログラムの例

Fig. 2 An example to change LED by the conditional branch.

は電氣的に動作しているため、使用する電源によって制約を受ける。

Plugramming Tool のプログラムは 5V 電源によって動作する。これは USB 電源アダプタの使用を想定しているためである。電源アダプタを使用するため、定格電流を超える規模のプログラムは動作しない。プログラム実行時の消費電流は、電気部品によるところが大きい。また、消費電流は使用する電気部品によって異なる。

なお、定格電流 2A の電源アダプタを使用した場合では、少なくともモータ 4 個、電子ブザー 4 個、LED 7 個を使用したプログラムの動作を確認した。そのとき使用したモジュールブロックの内訳は、START ブロックを 1 個、上記の電気部品を接続した POWER ブロックを 15 個、CASE ブロック 9 個であった。

4.3 Plugramming Activity の設計

上記では Plugramming Tool について述べた。しかし、協調的なデザインの実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 Tool を道具として用いる活動、つまり Plugramming Activity 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。それぞれの活動について以下に述べる。

4.3.1 人間プログラミング体験

この活動は複数人が協調的に 1 つの作業や活動に取り組むことができるように設計した。そして、参加者によってデザインされるものを想定しながら活動の設計を行っていない。そのため、参加者によって何がデザインされるかを探索するための実験的な活動といえる。

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 はアンプラグドコンピュータサイエンスを用いた活動として設計した。アンプラグドコンピュータサイエンスは Bell ら [13] によって提唱された、コンピュータを用いずに情報科学を学ばせるためのメソッドである。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)。それによってボタン代わりにペンを受け渡すことを行う。このとき、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。プログラムのコマンドとは模造紙のうに配置したレゴブロックである。そして、そのブロックに関連するカードに命令の内容が書かれている。たとえば、「話す」というコマンドのカードでは、「こんにちは！」といえ、と書かれている。こ



図 3 人間プログラミング体験：パート A のための道具

Fig. 3 Tools for part A of Human Powered Programming Experience.

の活動を通して、子どもたちにはプログラムがコマンド 1 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 Tool 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 Tool 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 Tool 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とおり終わった後は、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。

4.3.2 クリスマスカード撮影会

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。対して、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。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。

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

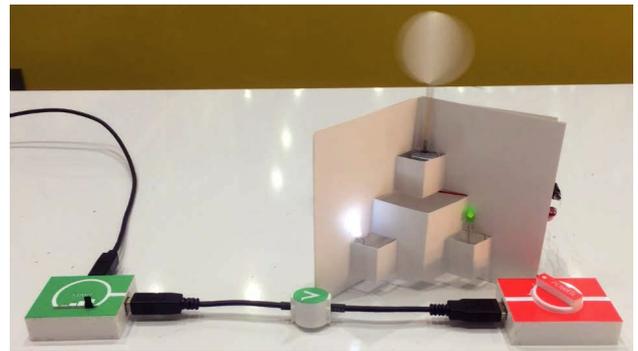


図 4 動くクリスマスカード

Fig. 4 Dynamic Christmas card.

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 Tool 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。

5. ワークショップ実践

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実践を行った。この章では、それぞれのワークショップ実践ごとに基本情報、そして結果・考察を記述する。その後、6章で Plugramming によって起きる協調的なデザインの特徴を見出すための全体的な考察を行う。

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。参加者の募集はワークショップ内容を告知したうえでの予約制であった。ワークショップをまたいで参加する子どもも少数いたが、それぞれのワークショップ実践では Plugramming Tool という新しい道具を使用していたこと、活動内容がそれぞれ異なることから、ワークショップの結果へ影響を与えないと考えられる。

研究者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。

研究者はファシリテータとしての経験が浅く、数回のプログラミングワークショップの司会進行を行うのみであった。ワークショップ実践では活動の設計だけでなく、それを実施するファシリテータの経験や技量も重要である。実践の質を保つために、ワークショップ実践では経験豊富な

ワークショップ実践者がファシリテータの相談役を務めた。以上よりファシリテータの技量や能力を正当に評価することが困難であるため、本論文では評価対象としなかった。

5.1 Plugramming のワークショップ実践その 1

5.1.1 基本情報

本ワークショップは 2016 年 6 月 11~12 日に開催された。このワークショップの目的は子どもたちにプログラムの実行順序について理解してもらうことであった。子どもたちにはワークショップの中で、2つの活動を 2日にわたって行ってもらった。「人間プログラミング体験」(4.3.1 項)と Scratch を用いたゲームプログラミングである。

Scratch を用いたゲームプログラミング活動では、個人ごとに作品を作る活動が目的の中心であったため、本論文では人間プログラミング体験についてのみ、結果の記述や考察を行う。

19 名の参加者のうち、11 名が男子、8 名が女子であった。また、彼らは全員 9~12 歳以下の小学生であった。人間プログラミング体験に含まれるパート A、B どちらも子どもたちを 5 名ずつ、4つのグループに分けた。グループ分けの際には、年齢の平均が等しくなるように調整した。

5.1.2 結果・考察

人間プログラミング体験のパート A では、スタッフの支援によって、グループごとの目標が定められていた。しかし、子どもたちの中には時間の途中で飽きた様子を見せる子もいた。そこで、より挑戦的な目標として「できるだけ早く行う」を提示したところ、活動への取り組みが熱心になる様子が観察できた。パート B では、Plugramming Tool の物理的な制約が有効に働いていることが観察できた。以下に、ワークショップの様子を示す。

Plugramming Tool は、プログラムが卓上で大きく展開されるため、組み立てに協力が必要になっていた。プログラムの組み立ての手順として、1 人の子どもが主導になる場合や、作業を分担して行い統合する場合が見られた。どちらの場合でも、グループ全員が作業に参加することができていた。

また、プラグケーブルの LED 点滅と卓上での一覧性がグループ内の子どもたちにプログラムの実行順序や失敗箇所を提示していた。子どもたちはケーブルの明滅や POWER ブロックによる電気部品の動作を観察することで、プログラムの実行が自分たちの意図どおりであるかどうかを判断していた。特に、プログラムの実行時に 1 ステップごとに指差しや「動いた」という言葉を行うことで、実行の流れを確認する者もいた。

意図どおりではない動作は、CASE ブロックによる分岐に関わるものがほぼすべてであった。このとき、子どもたちの間で話されていた内容は、光センサをどうやって手で覆い隠すと反応するのかということが中心であった。プロ

グラムの失敗が発見されたときには、まず Plugramming Tool の故障を疑うことも興味深い結果であった。議論の後には、センサを反応させる者、実行ボタンを押す者等に役割分担がされていた。

人間プログラミング体験では、グループ内での作業のみを想定していたが、最終的に参加者たちの要望によって全体で 1 つのプログラムを制作する活動に発展した。これはファシリテータが予期していなかったことだが、望ましい結果であった。

ふりかえりアンケートは 16 名から回収することができた。アンケートには、協力することに対して重要さを感じていることの記述 (16 名中 6 名: 37.5%)、自身のワークショップ中の役割に関する記述 (16 名中 7 名: 43.75%)、全体で 1 つのプログラムを制作する活動についての記述 (16 名中 5 名: 31.25%) が見られた。

以下に子どもたちの実際のふりかえりアンケートの記述を列挙する。

- 一人でやるより、みんなでやるほうが楽しいし、達成感がある。
- プログラミングでは、センサーを隠すという地味だけど大事な仕事をした。
- 最後につなげていって、最後までいったところがすごかったです。

以上のふりかえりアンケートの回答のほかに「電力を遠くまで送れる。」という記述があった。これは Plugramming Tool のプラグケーブルが明滅することに対する記述と思われる。プラグケーブルの明滅はプログラムの実行順を表現するものであったが、上記の記述をした子どもにとっては電気の流れとして理解されている。Plugramming Tool の形態はプログラムを実体によって表現したものである。そのため、人によって様々な解釈が可能であり、意図どおりではない理解が促されたと考えられる。意図どおりの理解を促すためには、ワークショップの実践中に、子どもたちの理解の確認と修正を行う時間を確保する必要がある。

このワークショップでは、グループからスタートした活動が全体へと発展した。つまり、設計された活動を、子どもたちが主体的に「グループ→活動全体」へ拡張したのである。子どもたち自身が活動の発展を望み、スタッフの支援によって実現したものであるから、拡張された活動は子どもたちとスタッフの協調的なデザイン的成果物といえる。

子どもたちの様子から、Plugramming Tool は先行研究でいわれるタンジブル・ユーザ・インタフェースの特性を発揮し、協調作業を支援できていたと考える。しかし、この特性だけでは活動の拡張の要因になるとは考えにくい。

そのため、なぜこのような活動の拡張が起こったかを考察する。子どもたちにとって、Plugramming Tool は今までにない道具であった。新しい道具への興味のためか、多くの子どもたちには道具を十分に試そうとする姿勢が見

られた。子どもたちが失敗を恐れず試行錯誤を行えたのは Plugramming Tool の制作者であるファシリテータの顔が見えており、Plugramming Tool の完成度に原因を求められたことも要因の1つと考えられる。

もう1つの要因として、Plugramming Tool がプラグケープルで「つなげる」という形態を持つことをあげる。まず、この「つなげる」形態を子どもたちが試す過程で、子どもたち自身が協調作業の有効性を感じたと考えられる。そして「つなげる」行為によって表れた新しいプログラムが発見や試行の対象になるため、没頭できる作業になったといえる。その結果、「もっとつなげたい」という気持ちが表れ、活動の拡張に至ったと考えられる。

5.2 Plugramming のワークショップ実践その2

5.2.1 基本情報

本ワークショップは2016年11月19日に開催された。このワークショップでは、「クリスマスカード撮影会」(4.3.2項)を実施した。参加者に提示したワークショップの目的は、動くクリスマスカードの制作であった。参加者全員がクリスマスカードを工作した後、Plugramming Tool によって動作させた。また、グループごとにクリスマスカードを撮影することを行った。

21名の参加者のうち、18名が男子、3名が女子であった。また、彼らは全員9~13歳以下の小・中学生であった。子どもたちは4つのグループに分かれて活動を行ってもらった。そのとき、年齢の平均が等しくなるように調整した。

5.2.2 結果・考察

子どもたちは、クリスマスカードに必要な電気部品の取り付けと工作はファシリテータとスタッフの支援によって予定の時間内に終えることができた。ここまでは、ファシリテータの設計どおりであった。次に、Plugramming Tool を用いてクリスマスカードを動作させる段階では、準備ができた子どもから活動を開始した。その後、グループ内でのクリスマスカードの接続はいつせいのタイミングで行うことを想定していた。しかし、クリスマスカードが動作した子どもたちは、指示を待たずに同グループ内の他の子どもの作品とつなげようとする様子が見られた。そのため、「個人→複数人」、「複数人→グループ」への活動の拡張が、子どもたちの主体性によってスムーズに行われた。以下に、ワークショップの様子を示す。

クリスマスカード撮影時には、グループごとに連結したクリスマスカードの意味付けが異なった。たとえば、プログラムの実行順序を電車として見立てるグループや、スタッフに演技をさせて動画撮影を行うグループがあった。撮影会の録画データには、パフォーマンスミスや撮影ミスもあり、多くの試行の形跡が見られた。ワークショップ中、子どもたちは時間いっぱいまで撮影に臨み、成功するまで行いたいという姿勢が観察できた。最後には、子ども

たちから「全員のクリスマスカードをつなげたい」と要望もあった。しかし、ワークショップの終了時間が近づいていたため、実現することはできなかった。

ふりかえりアンケートは20名から回収することができた。以下にふりかえりアンケートの記述を示す。

- うごくクリスマスカードを作ってみて、電球をつけたら、コードをつないだり、難しい部分もあったけど、モーターにつけるかざりなどをイラストを自由に書いたり、すごく楽しかった。
- みんなでつなげてみて複雑にできたので、おもしろかったです。

これらの記述からは5.1節で述べたワークショップと同様に、協力することに対して肯定的に感じている記述(20名中7名:35%)が見られた。加えて、自身の取り組んだクリスマスカードへの感想が見られた(20名中8名:40%)。ここから、個々の作品とグループでの活動に対して、十分に満足度があったと考える。しかし、ワークショップの内容を提示した際に「やりたくない」という子どもが1人いた。だが、活動を進めるうちに積極的に取り組むようになり、ふりかえりアンケートには「楽しかった」と記述し、十分に満足している様子であった。

このワークショップ実践は、Plugramming がある種のものづくりが行えることの証拠になると考える。さらに、子どもたちは Plugramming Tool によって複数人の作品をつなげることで、新たな意味を見出ししていた。そのため、クリスマスカードだけでなく、撮影されたクリスマスカードの動画も、協調的なデザインの成果物と見ることができると、どちらの成果物も試行錯誤しながら取り組む様子が観察できたこと、そして発展した活動への要望があったことから「個人→複数人→グループ→活動全体」へと活動が拡張できる可能性があった。

ワークショップの内容に不満を覚える子どもがいたのは、Plugramming Tool がはじめて触る道具で、何ができるか分からなかったためだと考える。より丁寧な紹介と説明として、基本的な例の実演だけでなく発展的な例を示す等が必要であろう。

5.3 Scratch を用いた活動のワークショップ実践

5.3.1 基本情報

本ワークショップは2016年5月28日に開催された。このワークショップでは、PCに接続できるセンサボードとScratchを用いて楽器制作を行った。活動の詳細は以下の5.3.2項で述べる。18名の参加者のうち、11名が男子、7名が女子であった。また、彼らは全員9~15歳以下の小・中学生であった。子どもたちは9つのペアに分かれてもらった。そのとき、それぞれのペアの年齢の合計ができるだけ等しくなるように調整した。また、可能な限り同性でペアを揃えるようにした。ScratchはRaspberry Piという小型

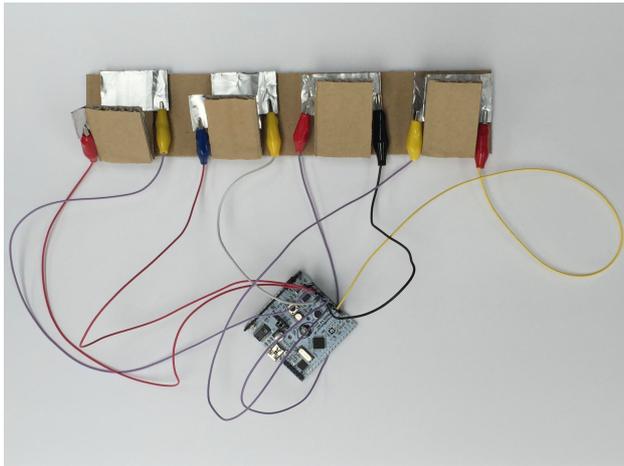


図 5 パクパクスイッチ
Fig. 5 PakuPaku switch.

の PC を用いて駆動させた。

5.3.2 パクパクスイッチで楽器制作

この活動は既存のプログラミングツールである Scratch を用いて、参加者の協調的なデザインを引き起こす活動として設計した。

活動には Scratch と PC に接続できるセンサボード、そしてセンサボードに接続できるダンボールと導電テープで作成された 4 つのスイッチ（パクパクスイッチ）を用いた（図 5）。子どもたちには 2 人 1 組で楽器の制作と演奏方法を考案し、発表と演奏会を行ってもらった。初めに、Scratch の操作方法を知るために各自が簡単な作品作りを行った。その後、2 人 1 組となり 1 台の PC を用いて作品制作と演奏方法の考案を行ってもらった。PC 操作の独占を防ぐため、一定時間ごとにマウスの操作者を交代するように促した。発表では、作品の口頭による説明後、考案した演奏方法を用いてデモを行ってもらった。最後に、ファシリテータの楽器演奏に合わせて、参加者全体で演奏会を行った。このとき、音楽的な統制がとれていることよりも、音が途切れず賑やかな雰囲気になることを重視した。

5.3.3 結果・考察

個人からペアでの作品制作へ移行したとき、子どもたちはペアを組むことに戸惑いを感じる様子が見られた。しかし、時間経過やスタッフの支援を通して戸惑いは消え、楽器や演奏方法についてアイデアを出し合うことができていた。いくつかのペアは演奏方法やアイデアの出し合いに紙とペンを使用しており、話し合いを通して作品の制作を行っていた。発表会では、パフォーマンスの打ち合わせを行い、かけ声を出しながら演奏に臨む様子が観察できた。以上より、発表会でのパフォーマンスとプログラム作品は、子どもたちの協調的なデザインの成果物といえる。

子どもたちがアイデア出しやプログラミングを行うとき、協調的なデザインを支援していたのは実体のある道具であった。アイデア出しでは紙とペンが、プログラミング

ではセンサボードとパクパクスイッチが協調的なデザインを支援していた。

このワークショップでは Raspberry Pi と Scratch、そして音に関するプログラミングを扱っていたために Scratch が環境依存のエラーによって停止することがあった。これは道具や活動の用意を行った側に責任がある。しかし、エラーが発生した子どもたちは、個人差はあれど共通して申し訳なさそうな様子を見せた。

ワークショップの活動は、個人の作品制作からペアでの制作、そして演奏会へ、だんだんと全体の活動に発展していった。この活動の変化はファシリテータが計画したものであり、呼びかけ等の促しによってコントロールされたものであった。

最終的に、全部のペアが作品の完成とデモ、演奏会への参加を行うことができた。ふりかえりアンケートでは、協力することに意義を感じている様子が見られた（18 名中 6 名：33.33...%）。1 人の子どもはペアでの活動に対する不安が書かれていたが、活動を通して協力することに肯定的になったことが記述されていた。以下には、ふりかえりアンケートの実際の記述を示す。

- 知らない人とするのは、初めはどうなるのかと思ったけど、してみたら話しているうちに仲よくなれて、楽しくつくることができました。
- このプログラムをやることで、自分のものを作る楽しさや 2 人で考えをだしあう面白さが分かり、色々なことを発見できた。

このワークショップ実践では、ファシリテータの計画から大きく変更することなく行うことができた。その要因として考えられるのは、Scratch という道具が持つ豊富な機能である。Scratch は多機能であり、表現の幅が広い道具である。そのため、目標を定めなければ時間内に収束できない。ファシリテータも、このワークショップ実践の活動設計の段階で楽器というテーマに絞りを、子どもたちも発表会・演奏会に向けて目標を定めて作品作りを行っていた。そのため、ファシリテータの計画とは異なる活動が生まれにくかったと考えられる。

ふりかえりアンケートで見られたペアでの活動に対する不安は、お互いの発言が求められる少人数の活動への不慣れによるものと考えられる。このような不安や不慣れを軽減するために、ペアで行うことができるアイスブレイク等をワークショップに組み込む必要がある。

6. 考察

この章では、上記のワークショップ実践の結果・考察をもとに全体的な考察と議論を行う。議論は Plugramming Tool と Plugramming Activity に分けて行う。それぞれの議論では、Scratch を用いた活動との比較によって Plugramming によって起きる協調的なデザインを特徴づける。

6.1 Plugramming Tool について

Plugramming Tool の物理的な制約は、タンジブル・ユーザ・インタフェースの特性となって子どもたちの協調的なデザインを支援していた。Scratch を用いた活動でも、実体を持つ道具が協調的なデザインを支援する様子が見られた。そのため、実体性は協調的なデザインを体験するための道具に備わるべき特性だろう。

特に、Plugramming Tool のプログラミングの方法であるプラグケーブルで「つながる」形態は、それ自体が子どもたちにとっての興味や関心の対象となり、協調的なデザインと試行錯誤の機会を生み出した。つまり、Plugramming Tool は子どもたちが興味・関心を向ける場所に協調的なデザインを支援する仕組みが組み込まれていたのである。ここから、協調的なデザインを支援する機能にフォーカスして道具を設計するのではなく、子どもたちの興味が向きやすい活動の調査から、協調的なデザインを体験するための仕組みを考えなければならないことが分かる。

Scratch もブロックが「つながる」形態を持つ。しかし、Scratch はブロックをつなげるのではなく、プログラムの実行結果（キャラクターアニメーション等）に対して子どもたちの興味が向けられるように設計されている。そのため、子どもたちはそれぞれの興味にしたがってプログラムを作ることに集中する。結果として、個人の活動になりがちである。なお、Scratch を用いたワークショップ実践では個人の活動にならないようにパクパクスイッチやセンサボードを用いて協調的なデザインが起きやすい環境を作っていた。

6.2 Plugramming Activity について

協調的なデザインを活動に取り入れる場合、子どもたちの相互作用によって様々な活動に発展する可能性がある。本研究で行ったワークショップ実践では活動自体が参加者によって協調的にデザインされ、1つの作品になっていた。参加者全員で1つのプログラムをつくる活動やグループごとのクリスマスカード撮影である。このような、参加者の主体性による成果が生まれたのは、ファシリテータによってワークショップの最終目標が明確な行動や成果物として示されなかったこと、ファシリテータ自身も実験的なものとして臨機応変に実践を行っていたことが影響していると考えられる。

対して、Scratch を用いた活動では、子どもたちは自分たちが定めた目標に向かって作品制作と演奏方法の考案という協調的なデザインを行っていた。これは、Scratch が多機能であるため、ペアの関心に合わせて目標を定め制作することに向いていたからだと考える。その代わり、子どもたちによる活動の拡張は起きにくく、ファシリテータにとっては活動の進捗や成果物の方向性を予想しやすくなっていた。

以上より、Plugramming Activity では、ファシリテータが予想できなかった活動の拡張を受け入れられるように余白を持たせることが設計のうえで重要になる。そのため、活動自体が成果物として残るように動画や写真等で記録することが必要である。また、子どもたちも記録活動に参加してもらうことで、ふりかえりや活動の吟味を促すことも考えられる。活動そのものが作品となるならば、参加者は自由に目標を決め、協調的なデザインによって生まれた興味にそって、活動を拡張することができる。また、ファシリテータもワークショップの目標達成に固執しすぎずに、子どもたちの活動を容認することができるだろう。

Plugramming のワークショップ実践その1のふりかえりアンケートの記述からは、ワークショップにおける自分の役割を認識したうえで他者と協力していたことが読み取れる。Plugramming のワークショップ実践その2では、個人の作品と他人の作品が協力することについて満足している記述が見られた。これは他者との協力によって新たな表現や価値が生まれることに気づく機会となりうる。Scratch を用いた活動のワークショップ実践のアンケートの記述からは、1つの作品を他者とともに作り上げる活動について楽しさと満足感がある様子が読み取れる。これらの子どもたちの気づきは、協調的なデザインを行ううえでどれも重要な点である。そして、自由記述であるふりかえりアンケートに子どもたちが自発的に記述したことから、彼ら自身もその重要性について感じていると思われる。

協調的な活動に関わる記述は、すべてのワークショップ実践で3割以上の子どもたちによって行われていた。3割という一部の子どものみで協調的な活動に対する記述を行ったことは、ふりかえりアンケートが自由記述であったことと、特に協調的な活動に関して記述することを求めなかったことが要因として考えられる。より多くの子どもたちが体験したことを認識し、記述ようになるためにはファシリテータからの活動の意味付けや、適切な問いかけが必要だと考えられる。

しかし、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 Activity 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 Activity 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 Activity では4, 5名のグループ、Scratch を用いた活動では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。このように、人数によって子どもたちの協力の仕方に違いがある。そのため、ワークショップの目的や活動内容に合わせて、適切な人数のグループ分けを行わなければならない。

本論文で示したワークショップ実践は、ワークショップ内容を告知したうえでの予約制であったため、すべてのワークショップ実践において参加者たちの興味や関心は高かったと考えられる。そのため、3つのワークショップ実践は協調的なデザインが起りやすい環境であったといえる。教室等、より多様な子どもたちに対して Plugramming Activity を行うためには再度の検討が必要である。

7. まとめ

本論文では、プログラミングによって協調的なデザインを体験するための道具と活動として Plugramming の設計と開発を行った。また、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を行った。

そして、それぞれのワークショップ実践と、その結果の比較から Plugramming によって起きる協調的なデザインの特徴を明らかにした。明らかになった特徴は以下である。

- Plugramming Tool 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、それ自体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。
- Plugramming Activity は目的にそわず、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。

また、Plugramming の設計手法を、子どもたちの興味が向きやすい活動に着目して協調的なデザインを支援する道具を設計すること、参加者によって起こされる想定外の活動を容認し記録できる活動設計にすること、協調的なデザインの対象や目的に合わせてグループ分けの人数を検討することを要点としてまとめた。

今後は、上記の設計手法に基づき 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く。特に、ワークショップ実践を記録し、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。

本論文ではファシリテータの評価を行わなかった。今後

は Plugramming によって起きる協調的なデザインの特徴をふまえたうえで必要なスキルや心構えを定め、評価を行いたい。

プログラミング学習はワークショップ等の一時の場だけではなく、継続的に行われる学習活動である。そのため、子どもたちの今後のプログラミング学習において Plugramming がどのような影響を与えるか明らかにすることが必要だと考える。そのために、今後はワークショップ参加者に対する追跡調査や、追加のワークショップ実践を行うことで調査と評価を行いたい。

謝辞 本研究は科学研究費助成事業 16K12675 の助成を受けたものである。本研究のワークショップ実践に協力していただいた多くの関係者、そして参加者の子どもたちに感謝する。

参考文献

- [1] 阿部和広：小学生からはじめるわくわくプログラミング，日経 BP (2013).
- [2] Fry, B. and Reas, C.: PROCESSING ..., *DIGITAL DESIGN THEORY*, Armstrong, H. (Ed.), pp.98-105, Princeton Architectural Press (2016).
- [3] 山内祐平, 森 玲奈, 安斎勇樹：ワークショップデザイン論：創ることで学ぶ，慶應義塾大学出版会 (2013).
- [4] 岡本 誠：共創型デザインの状況依存性，日本デザイン学会誌，Vol.21-3, No.83, pp.54-60 (2014).
- [5] Hutchins, E.: The technology of team navigation, *Intellectual Teamwork: Social and Technological Foundations*, Galegher, J., Kraut, R.E. and Egido, C. (Eds.), pp.191-220, Lawrence Erlbaum Associates (1990).
- [6] 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，認知的道具のデザイン，加藤 浩, 有元典文 (編)，pp.66-94, 金子書房 (2001).
- [7] Horn, M.S. et al.: Comparing the Use of Tangible and Graphical Programming Languages for Informal Science Education, *Proc. SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.19-28 (online), DOI: 10.1145/1518701.1518851 (2009).
- [8] 須永剛司ほか：活動と共にデザインした参加体験型ワークショップのための表現システム，研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)，Vol.2009, No.2, pp.1-8 (オンライン)，入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110007993431/>) (2009).
- [9] Sony：MESH：小さな便利を形にできる，ブロック形状の電子タグ | ソニー，Sony Corporation (オンライン)，入手先 (<http://meshprj.com/jp/>) (参照 2017-06-07).
- [10] Resnick, M. et al.: Programming for All, *Comm. ACM*, Vol.52, No.11, pp.60-67 (2009).
- [11] Hartree, D.: *Calculating Instruments and Machines*, The University of Illinois Press (1949).
- [12] littleBits Electronics Inc.: littleBits: Award-winning electronic building blocks for creating inventions large and small, littleBits Electronics Inc. (online), available from (<https://littlebits.cc/>) (accessed 2017-09-14).
- [13] Bell, T. et al.: Computer science unplugged: School students doing real computing without computers, *New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, Vol.13, No.1, pp.20-29 (2009).



八城 朋仁 (学生会員)

1990年生。2013年公立ほこだて未来大学システム情報科学部情報アーキテクチャ学科卒業。2015年同大学大学院修士課程修了。2015年同大学院博士課程入学。プログラミング学習環境の研究に従事。日本デザイン学会学生

会員。



迎山 和司 (正会員)

1968年生。1993年京都市立芸術大学大学院修士課程修了。2004年同大学院博士課程修了。博士(美術)。2003年公立ほこだて未来大学システム情報科学部講師。2006年同大学准教授。コンピュータによる芸術表現に従事。

芸術科学会，人工知能学会各会員。



原田 泰

1962年生。1985年筑波大学芸術専門学群卒業。1985年凸版印刷株式会社。1989年株式会社リクルート。1996年筑波大学講師(芸術学系)。2002年多摩美術大学美術学部情報デザイン学科講師，2003年から准教授。2005年博

士(感性科学)筑波大学。2006年蔚山大学(大韓民国)特任教授。2007年株式会社デザインコンパス代表。2008年千葉工業大学デザイン科学部准教授。2012年公立ほこだて未来大学教授。グラフィックデザイン，デジタルメディアデザイン，情報デザインの実践・研究を行っている。日本デザイン学会，感性工学会，ヒューマンインタフェース学会，教育工学会，JAGDA各会員。