

## SnowBoy: 教室でのプログラミング作品共有による 共同創作が可能な初等教育向け協調学習支援システム

柿内 達真<sup>†1</sup> 取越 翔太郎<sup>†1</sup> 桜打 彬夫<sup>†1</sup>  
大東和 忠幸<sup>†1</sup> 野口 尚吾<sup>†1</sup> 高田 秀志<sup>†2</sup>

近年、コンピュータ上でのプログラミングを通して、児童の創造性や論理的思考を育むための授業が行われるようになってきている。しかし、このような教室でのコンピュータを用いた学習活動は個人作業が中心となり、他の児童とのコミュニケーション不足により学習に行き詰まりが発生する恐れがある。一方、協調学習では、複数人で助け合い、共通の目標に向かって共同創作することで、学習の動機を高めることができる。

そこで著者らは、教室での協調学習を支援するため、児童らが3次元オブジェクトの創作やプログラミングを共同して行うことができる協調学習支援システムを構築している。本システムでは、作品創作のとき、児童らが用いているPC上のオブジェクトは同じ状態になるように同期されており、児童らは他の児童と協力して一つの作品を創作することができる。このような共同創作活動により、他の児童とのコミュニケーションの機会を増加させ、児童らの協調学習を支援する。

本システムの有用性を評価するため、構築した機能を備えた協調学習支援システムを実装し、大学生を対象に本システムを用いて予備的な実験を行った。その結果、個別で創作するよりも、本システムを適用し2人で共同創作することにより、コミュニケーションの増加が確認できた。

### SnowBoy: A Collaborative Learning Support System for Collaborative Creation by Sharing Programming Projects in Classroom

TATSUMA KAKIUCHI,<sup>†1</sup> SHOTARO TORIKOSHI,<sup>†1</sup>  
YOSHIO SAKURAUCHI,<sup>†1</sup> TADAYUKI OTOWA,<sup>†1</sup>  
SHOGO NOGUCHI<sup>†1</sup> and HIDEYUKI TAKADA<sup>†2</sup>

In recent years, there are a lot of classes to promote child's creativity and logical thinking through the programming on the computer in the primary ed-

ucation. However, children tend to learn by themselves in the classes using a computer, and there is a possibility that less-communication occurs among them. Meanwhile, children can obtain the motivation of study by cooperating with other children and collaborating toward common targets.

In this paper, the structure of software for collaborative creation in a classroom is described. Children can create a project of three dimensional graphics and programs collaboratively with this software. In that case, children can share creation of the same projects on computers with other children. Then, they can collaborate on one work using this system. This system gives an opportunity to increase communication with other children, and collaborate learning is supported.

We developed this system and made an experiment to evaluate the availability. We also had a questionnaire for the examinees and collected data on operation and collaboration in this system. As a result, it is shown that collaborative activity increases communication compared with self-creation.

#### 1. はじめに

近年、情報化社会の中で、小学校のコンピュータの設置台数は増加しており、小学校教育でもコンピュータを活用した授業が多く行われている。また、コンピュータ上でのプログラミングを通して、児童の創造性や論理的思考を育むための授業が行われるようになってきている<sup>1)</sup>。しかし、このような教室でのコンピュータを用いた学習活動は個人作業が中心となり、他の児童とのコミュニケーション不足により学習に行き詰まりが発生する恐れがある。一方、協調学習では、複数人で助け合い、共通の目標に向かって共同創作することで、学習の動機を高めることができる。

そこで著者らは、教室での協調学習を支援するため、児童らが3次元オブジェクトやプログラミングを共同創作できる協調学習支援システムを構築している。

本システムの特徴は以下の点である。

- 積み木式3次元オブジェクト創作  
立体図形を積み木のように組み合わせることにより3次元オブジェクトを創作できる。
- 小グループ内共同創作

<sup>†1</sup> 立命館大学大学院 理工学研究科

Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

<sup>†2</sup> 立命館大学 情報理工学部

College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

小グループで3次元オブジェクトとスクリプトを共同で創作できる。

本システムは、複製計算モデルに基づきオブジェクト指向におけるオブジェクトの状態を同一に保つことを特徴とする協調作業システム開発支援環境 CUBE<sup>2)</sup> の上で実装されている。CUBE は、メソッド呼び出しを同期することでオブジェクトの状態を同一に保ち、ノード間の処理を同期する機能を提供する。また、同期するオブジェクトが生成されたときには、オブジェクトの生成を同期先に通知し、対応するオブジェクトを生成する機能を提供する。

#### ● 共同創作モデル

小グループで創作した作品を教室全体などの大グループに持ち寄ることができる

このような共同創作活動により、他の児童とのコミュニケーションの機会を増加させ、児童らの協調学習を支援する。

本システムの有用性を評価するため、本手法で構築した機能を備えた協調学習支援システムを実装し、大学生を対象に本システムを用いて予備的な実験を行った。実験においては被験者にアンケートを実施し、本システムの操作性や共同創作に関するデータを収集した。また、創作活動中の様子をビデオ撮影し、それを解析することにより3次元オブジェクト創作中とプログラミング中の会話率を算出した。その結果、個別で創作するよりも、本システムを適用し2人で共同創作することにより、コミュニケーションの増加が確認できた。

## 2. 背景

### 2.1 コンピュータを用いた教育

コンピュータを用いた教育では、コンピュータに関する基礎知識や基本操作を学ぶ“コンピュータリテラシー教育”にとどまらず、コンピュータ上でのプログラミングを通して、児童の創造性や論理的思考を育むための授業も行われるようになってきている。

しかし、このような教室でのコンピュータを用いた学習活動は個人作業が中心となり、他の児童とのコミュニケーション不足により学習に行き詰まりが発生する恐れがある。そこで、本研究では、コンピュータを用いた創作活動を共同で行えるようにすることに着目する。

### 2.2 Squeak eToys を活用した授業

上記で述べたコンピュータ上でのプログラミングによる学習の例として、Squeak eToys を活用した授業について紹介する。

Squeak とは、アラン・ケイの主導により、プログラミング言語の Smalltalk をベースとしたソフトウェア開発環境のひとつである<sup>3)</sup>。Squeak eToys とはその Squeak を利用した

教育環境であり、画面上でマウスなどを利用してグラフィカルにプログラミングが行える。これにより、プログラミング未経験者や子供でも簡単にプログラミングが行えるのが大きな特徴であり、プログラミングを通して創造性や論理的思考力を養うことを目的としている。

また、Squeak eToys では、“タイルプログラミング”が可能である。これにより、キーボードから文字をタイプしなくても、あらかじめ用意された、タイルと呼ばれるブロック状の命令をマウスでドラッグアンドドロップして組み合わせることによりプログラミングをすることができる。

### 2.3 協調学習の支援

昔の図画工作の授業では、それぞれが創作した作品を持ち寄ることで、教室内で一つのものを作り上げていた。しかし、現在のコンピュータを活用した授業では、児童らは目の前にある PC に向かって絵を描いたりプログラミングをする場合、それぞれ個人作業を行っている。

一方、協調学習では、複数人で助け合い、共通の目標に向かって共同創作する。他の児童と共同創作することで、教室内で一つのものを作り上げたときの達成感を得ることができる。また、コミュニケーションの増加により、学習の行き詰まりを解消し、児童らの学習の動機を高めることができると考えられる。

既存研究として垂水ら<sup>4)</sup> は、ネットワークを利用して3次元空間での共同作業が行える3次元オブジェクト作成システムを構築している。このシステムは、単独で複雑な形状を作成するのではなく3次元空間に多数の3次元オブジェクトを配置する手間を複数人に分散することを特徴とする。

本システムでは、3次元空間上に立体図形を複数人で組み合わせることにより3次元オブジェクトを作成することに加えて、創作したオブジェクトにスクリプトを書いてプログラミングを行うことで、動きを与える。また、作品を教室内で持ち寄り、教室全体での作品創作が可能である。

このように本研究では、従来の図画工作の授業のような共同創作をコンピュータを活用した授業において実現し、児童らの協調学習を支援することを目指す。

## 3. SnowBoy の機能と構成

### 3.1 共同創作モデル

本システムで提供する共同創作モデルを図1に示す。本システムを用いた授業では、まず、児童らは数人からなる小グループに別れる。さらにいくつかの小グループが集まり大

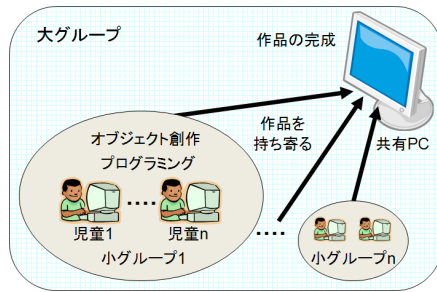


図 1 共同創作モデル  
Fig. 1 Collaborative creation model.

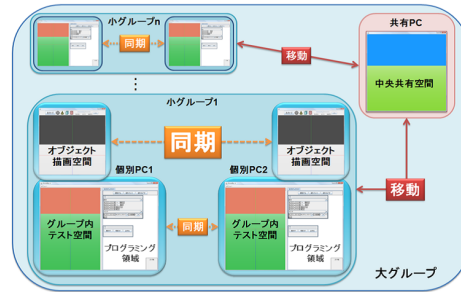


図 2 システム構成  
Fig. 2 System architecture.



図 3 オブジェクト描画空間  
Fig. 3 Drawing space.

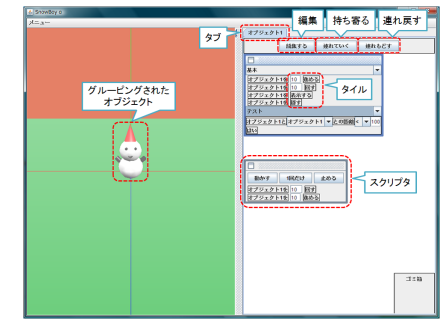


図 4 プログラミング領域とグループ内テスト空間  
Fig. 4 Programming area and simulate space in group.

グループを形成する。児童らはそれぞれが一台ずつ個別 PC を持つ。また、大グループには一台の共有 PC を設ける。

まず、児童らは小グループ内で共同して 3 次元オブジェクトを作成する。次に、児童らはそのオブジェクトにプログラミングをすることで、オブジェクトに動きを与える。オブジェクトに動きを与えるとき、他の小グループのオブジェクトとの位置関係を意識したプログラミングが可能である。最後に、児童らは各小グループで創作したオブジェクトを共有 PC に持ち寄り、複数人で一つの作品を作成する。

このような環境での利用シナリオは以下の通りである。児童らは、教室内で本システムを用いて、例えば動物園を作成する。まず、児童らは数人の小グループに分かれる。そして、小グループが集まり大グループを形成する。児童らはそれぞれ各小グループ内の児童らと共に動物のオブジェクトを作成し、そのオブジェクトにプログラミングをして動きを与える。それらを共有 PC に持ち寄り大グループでの動物園を作成する。

### 3.2 システム構成

本システムの構成を図 2 に示す。小グループ内の個別 PC には、オブジェクトを描画するための“オブジェクト描画空間”，プログラミングのための“プログラミング領域”とオブジェクトに対するプログラムを実行する“グループ内テスト空間”が表示される。これらは、小グループ内のすべての個別 PC 上で同じ状態となるように同期されており、児童らは同じ空間内で共同創作をすることができる。

また、共有 PC には、小グループ内で創作されたオブジェクトを持ち寄るための“中央共有空間”が表示される。小グループ内で創作したオブジェクトは、グループ内テスト空間と

中央共有空間の間を移動することができる。

#### 3.2.1 3次元オブジェクト創作

本システムのオブジェクト描画空間を図 3 に示す。オブジェクト描画空間では、単純な立体図形を“積み木”のように組み合わせることにより 3 次元オブジェクトを作成する。積み木のように組み合わせる方式をとった理由は、複数人で一つのオブジェクトを作成する場合、積み木のパーツをつかみ、配置することが感覚的に理解しやすいと考えたからである。オブジェクト創作のための単純な立体図形として、球、円錐、直方体、円柱を用意した。

まず、児童らはこれらの図形を選択し、空間内に追加する。そして、マウスを使って移動させ、空間内に配置していく。これらの図形はすべての PC 上で同じ状態に保たれている。

マウスを使ったオブジェクトの操作では、スクロールでオブジェクトのズーム、右クリックでオブジェクトの移動、左クリックでオブジェクトの回転及び図形の大きさや色の変更ができる。また、キーボードを使った視点の移動が可能である。視点は小グループ内の PC 間で同期されていないので、児童らは自分の好きな角度からオブジェクトを作成することができる。

#### 3.2.2 プログラミング

本システムのプログラミング領域とグループ内テスト空間を図 4 に示す。オブジェクト描画空間から移動したオブジェクトはグループピンされてグループ内テスト空間に表示される。グループピンにより、複数の図形を同時に移動することが可能である。

プログラミング領域では、プログラミング環境としてタイルプログラミングを用いる。本

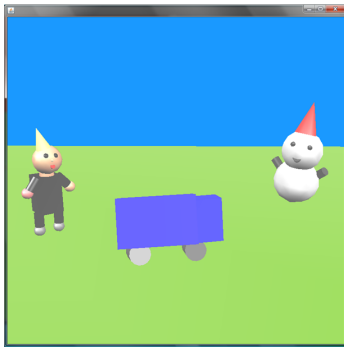


図 5 中央共有空間  
Fig. 5 Public space.

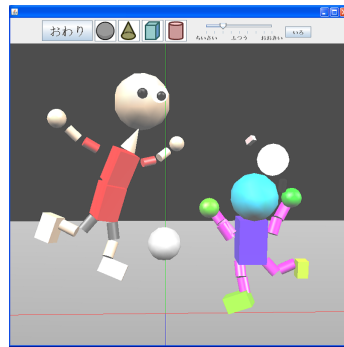


図 6 3次元オブジェクトの作品  
Fig. 6 Project of the three dimensional graphics.

システムのタイルとしては、“進める”、“回す”、“表示する”、“隠す”が用意されている。児童らは、命令の書かれたタイルを選択し、ドラッグアンドドロップによりスクリプタ内に移動させる。そして、スクリプタ内の命令を1回だけ実行するのか、命令を実行し続けるのかを選択してプログラムを実行する。

また、中央共有空間にオブジェクトを集めたとき、複数のオブジェクトの間には距離や向きなどの関連が生まれる。スクリプタ内の“テスト”タイルを用いることで他のオブジェクトとの位置関係を意識したプログラミングが可能である。

### 3.2.3 中央共有空間

本システムの中央共有空間を図5に示す。中央共有空間は、大グループ内の共有PC上に表示される。グループ内テスト空間と中央共有空間の間は、オブジェクトの移動が可能である。

児童らは、プログラムの実行をする場合、中央共有空間を操作するのではなく、各個別PCのプログラミング領域内のスクリプトを操作する。つまり、中央共有空間はビューのための空間である。そして、グループ内テスト空間から、中央共有空間に持ち寄ったオブジェクトの再配置やプログラムのテスト実行をする場合は、一度グループ内テスト空間にオブジェクトを連れ戻してから行う。

## 4. 実験と考察

### 4.1 実験

本システムの操作性と、複数人で創作を行うことによりどれくらいコミュニケーションが促進されるかを評価するために行った実験概要と実験結果について以下に述べる。

#### 4.1.1 概要

平成21年1月30日に大学生12人を対象に実験を実施した。実験環境として、オブジェクトの創作やプログラミングを行うための個別PCを2台用意した。被験者は、2人1組で小グループを形成する。

実験に当たって、まず、オブジェクトの操作、視点の移動及びプログラミング方法について被験者に説明した。実験はそれぞれ1組ずつ行い、以下の2つの場合を想定した。

- 個別に3次元オブジェクトを創作し、プログラミングを行う
- 共同して一つの3次元オブジェクトを創作し、プログラミングを行う

以上のような実験において、本システムを使用し、実験後に被験者にアンケートを行った。また、活動中の様子をビデオ撮影した。

アンケートは、本システムの使いやすさとグループでの作品創作についての評価項目とした。以下にアンケートの内容を示す。

- (1) オブジェクト創作の操作性について意見を述べてください
- (2) グループでの3次元オブジェクト創作について意見を述べてください
- (3) グループでのプログラミングについて意見を述べてください

#### 4.1.2 結果

アンケート項目1では、本システムの使いやすさについて質問した。結果は表1の通りである。

アンケート項目2では、小グループでのオブジェクト創作について質問をした。肯定的意見の結果は表2、否定的意見の結果は表3の通りである。

アンケート項目3では、小グループでのプログラミングについて質問をした。結果は表4の通りである。

想定した2つの場合の各創作活動中の様子をビデオ撮影し、それを解析することで、どれくらいコミュニケーションが促進されるかを評価した。創作活動中の総時間(2人の創作の開始から終了までの時間)と、会話時間(2人で会話している時間)を測定し、会話率(会話時間/総時間)を算出した。結果は表5の通りである。

表 1 アンケート項目 1  
Table 1 Questionnaire item 1.

意見	人数
・オブジェクトの組み合わせが難しい.	3
・奥行きがつかみづらい.	4
・オブジェクト間の距離を表す数値がどれくらいなのかわかりづらい.	2

表 2 アンケート項目 2 肯定的意見  
Table 2 Positive opinions of questionnaire item 2.

・2人で一つの物を作るのは面白い.
・相手が作ったものが自分の画面にも表示されるのは面白い.
・相手の出方に影響されて自分の担当するパーツを作るので、一人で作っているときには選べない色を選んだりできる.

表 3 アンケート項目 2 否定的意見  
Table 3 Negative opinions of questionnaire item 2.

・相手が何をしようとしているのかわからないので、何か画面上でわかるようなものがあつたほうがよいと思う.
・相手がどのオブジェクトを操作しているかを通知する仕組みがあるといいと思った.

表 4 アンケート項目 3  
Table 4 Questionnaire item 3.

・他のオブジェクトとの関連を考えない場合より難度が高く、たくさん試行が必要.
・相手との距離をいろいろ試すためにオブジェクトの視点移動操作をした. 一人でやるときはしなかった.

共同して一つの3次元オブジェクトを創作し、プログラミングを行う場合に創作された3次元オブジェクトの作品の一つを図6に示す。

#### 4.2 考 察

アンケート項目1の“3次元オブジェクト創作の操作性について意見を述べてください”という質問に対しては、表1のように本システムの操作性の問題が述べられた。よって、以下のようなことが分かった。

まず、オブジェクトの組み合わせが難しいことである。本システムでは、積み木のように図形を組み合わせる。しかし、2つのオブジェクトがZ軸上で重なっている場合、オブジェクトを選択すると、2つのオブジェクトが同時に移動してしまう。この問題を解決し図

形の組み合わせを正確に行えるようにする必要がある。

そして、オブジェクト描画空間でオブジェクトを配置するとき、奥行きがつかみづらいことである。2次元と比べ、3次元でオブジェクトの創作をする場合、奥行きの問題が出てくる。本システムでは、マウスのスクロールによりオブジェクトをZ軸方向へ移動させるが、オブジェクトが近づいてきているのか、オブジェクトが大きくなっているのかわかりにくい。また、オブジェクト間の距離を表す数値がどれくらいなのかわかりづらいという意見もあった。そのため、座標軸に一定間隔ごとに数値を表示して、他のオブジェクトとの距離をある程度推測できるようにする必要がある。

アンケート項目2の“グループでのオブジェクト創作について意見を述べてください”という質問に対しては、表2のような肯定的意見と、表3のような否定的意見が得られた。

まず、肯定的意見では、「相手の動きが見えるため、その動きに影響されてオブジェクトの創作ができた」という意見が得られた。これは、本システムの共同創作環境によりこのような効果が得られたと考えられる。しかし、否定的意見では、「相手の動きはわかって、どのオブジェクトを選択しているのかわからない」という意見が得られた。相手の動きを表示させるだけでなく、相手がどのオブジェクトを選択しているのかを知らせる必要がある。

アンケート項目3の“グループでのプログラミングについて意見を述べてください”という質問に対しては、表4のような意見が得られた。プログラミングをするとき、他のオブジェクトとの位置関係を意識することで、小グループ内でプログラムを何度も実行して試行回数を増加させることができた。しかし、本システムを初等教育現場に適用した場合、児童らにとって難易度が高くなってしまふ恐れもある。そこで、プログラムの動作例などのチュートリアルを表示させて、どのタイルを使うとオブジェクトがどのように動くのかを知らせておく必要がある。

オブジェクト創作中とプログラミング中の会話時間の表5より、オブジェクト創作に関しては、個別で創作するよりも2人で共同創作するほうが、すべてのグループで3倍以上の会話率の増加が確認できた。特に、グループAやグループFでは20倍近くの会話率の増加が確認できた。また、グループBでは個別で創作するときは会話がまったくなかったが、2人で共同創作するときは何をやるのかの話し合いがあった。

プログラミングに関しては、個別でプログラミングを行っているときは、すべてのグループで会話がなかったが、2人で共同創作したときは、平均で17.7%の時間、グループ内で会話が発生した。プログラミング中にグループ内で以下のような会話が発生した。

- プログラミングの操作方法について相手に尋ねる

表 5 オブジェクト創作中とプログラミング中の会話時間  
Table 5 Conversation coefficient among create a project and programs.

グループ	個別			共同					
	オブジェクト創作			オブジェクト創作			プログラミング		
	総時間 (s)	会話時間 (s)	割合 (%)	総時間 (s)	会話時間 (s)	割合 (%)	総時間 (s)	会話時間 (s)	割合 (%)
A	298	6	2	300	116	39	568	127	22
B	53	0	0	185	59	32	562	3	1
C	240	15	6	252	73	29	1097	101	9
D	347	21	6	1305	238	18	242	19	8
E	424	45	11	384	148	39	575	327	57
F	269	6	2	365	143	39	530	50	9

- プログラムの実行を相手に頼む
  - 自分がどんな動きを目指しているか相手に説明する
  - オブジェクトの位置を変更してほしいと相手に頼む
- これらから、知識の補完やグループでの共同作品のための相談を促進できたと考えられる。

## 5. おわりに

本稿では、教室内でのプログラミング作品共有による共同創作が可能な初等教育向け協調学習支援システムについて述べた。本システムは、教室内での協調学習を支援し、児童らが3次元オブジェクトやプログラミングを共同創作できる環境を実現する。

また、本システムの有用性を評価するため、本手法で構築した機能を備えた協調学習支援システムを実装し、大学生を対象に本システムを用いて予備的な実験を行った。実験においては被験者にアンケートを実施し、データを収集した。また、3次元オブジェクト創作中とプログラミング中の会話率を算出した。その結果、個別で創作するよりも、本システムを用い2人で共同創作することにより、コミュニケーションの増加が確認できた。

今後の課題としては以下のことがあげられる。

- 操作性  
今回の大学生を対象とした実験では、マウスやキーボードによる操作の難しさが指摘された。コンピュータ操作に十分に慣れていない児童でも扱えるように、マウスやキーボードの割り当てを変更したり、タブレットPCのペン操作に対応させるなど、より直感的に児童らが作品創作できるように改善する必要がある。
- 3次元オブジェクト

現在、4つの単純な立体図形を用意しているが、より複雑なオブジェクトを創作するためには今のままでは少ない。そこで、大きさの変更をより詳細に設定することができるよう拡張したり、3次元グラフィックス作成ツールなどで作成したオブジェクトを読み込んで、素材として使用できる機能を追加することで、オブジェクト創作の自由度が増すと考えられる。

- プログラミング  
現在実現している動作を表すタイルは、“進める”、“回す”、“表示する”、“隠す”の4つのみため、児童らの望む動きを実現することは難しい。今後はこれら4つのタイルに加えて、“飛ぶ”、“落ちる”、“跳ねる”などの新たな動作を表すタイルを用意する必要がある。また、オブジェクト間の距離や向きを指定できるようにすることで、プログラムの試行回数の増加や児童らのコミュニケーションの促進ができると考えられる。今後は、上記の課題について検討し、本システムを改良する。そして、本システムを用いて小学校などでの適用評価を行う予定である。

## 参 考 文 献

- 1) 荒木貴之 著『ロボットが教室にやってくる』, 教育出版 (2008) .
- 2) 植田巨, 野口尚吾, 高田秀志, 複製計算に基づく協調システム基盤 CUBE の構築と異種端末環境への適用: 情報処理学会研究報告, Vol.2009-GN-72, No.1, 2009
- 3) BJ・アレン=コン, キム・ローズ 著, 喜多千草, 片岡裕子 訳『子供の思考力を高める「スクイク」』, WAVE 出版 (2005) .
- 4) 年岡裕一, 香川考司, 垂水浩幸, Java3D による複数人参加型 3D オブジェクト作成システム, 情報処理学会研究報告, 2002-GN-45, Vol.2002, No.97, pp.41-45(2002) .