

3Dグラフィックスの共同創作機能を備えた 子ども向けプログラミング環境 SnowBoy の構築とその評価

取越 翔太郎[†] 柿内 達真[†] 植田 亘[†]
桜打 彬夫[†] 後藤 清豪^{††} 高田 秀志^{†††}
藤原 央樹^{†††} 森口 友也^{†††} 山本 佑樹^{†††}

The Development and Evaluation of SnowBoy: A Programming Environment for Children with Collaborative 3D Graphics Creation

SYOTARO TORIKOSHI,[†] TATSUMA KAKIUCHI,[†] WATARU UEDA,[†]
YOSHIO SAKURAUCHI,[†] KIYOTAKA GOTO,^{††} HIDEYUKI TAKADA,^{†††}
OKI FUJIWARA,^{†††} YUYA MORIGUCHI^{†††} and YUKI YAMAMOTO^{†††}

1. はじめに

近年、コンピュータ上でのプログラミングを通して、初等教育における児童の創造性や論理的思考力を育むための授業が多く行われている¹⁾。このような授業では、様々な初等教育向けのプログラミング学習支援ツールが用いられているが、それらのツールは児童らが教室内で協調的に学習するには不十分なものが多い。そのため、児童らは教室内に整然と並べられた PC の前に座ったまま、お互いにコミュニケーションを取ることなく、自分の作業のみに没頭してしまいがちである。これに対して、昔から創造的な活動を対象としている図画工作の授業では、共同して作り出すような活動を取り上げることが学習指導要領によって要求されている²⁾。図画工作の授業では、児童らが協調的な創作活動を行うことによって、児童らの“engagement”（以下、参加意識とする）の維持・向上がなされ、学習効果の高まりにつながっていた。著者らは、このことはコンピュータを使った学習活動においても同様であると考える。すなわち、コンピュータを使った協調的な学習活動を行えるようにすることで、自分の作業

のみに没頭していたような児童らの参加意識を維持・向上させ、学習効果をより高めることができる。

本稿では、児童らの協調学習を支援し、参加意識の向上を図る学習環境“SnowBoy”について述べる。SnowBoyでは、複数人が協力して3次元グラフィックスのオブジェクト（以下、3Dオブジェクトとする）を構築し、またその3Dオブジェクトに動きを与えるためのタイルプログラミングを行うことができる。

以下、次章ではSnowBoyの設計思想と機能について述べる。3章では、小学生ら8人を対象として開催したワークショップについて、その結果と考察を参加意識の向上の観点から述べる。4章で関連研究との比較を行い、最後に5章でまとめと今後の課題について述べる。

2. SnowBoy

本章では、SnowBoyで採用している共同創作モデルと、SnowBoyの特徴的機能、その実現に用いた開発基盤について述べる。

2.1 共同創作モデル

従来の図画工作における創作活動では、児童らは1つの机の上で共同で作品を創作したり、各々が創作した作品を共有の机に集めて大きな1つの作品を創作し、意見交換などを行っていた。SnowBoyでは、このような従来の図画工作における共同創作を基にした、図1に示す共同創作モデルを採用している。

SnowBoyを用いた創作活動では、まず児童らは教室内で、数人からなるグループに分かれる。児童らはそれぞれが1台ずつ個別PCを持っており、教室には

[†] 立命館大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering,
Ritsumeikan University

^{††} 立命館大学 MOT 大学院 テクノロジー・マネジメント研究科
Graduate School of Technology Management,
Ritsumeikan University

^{†††} 立命館大学情報理工学部
College of Information Science and Engineering,
Ritsumeikan University

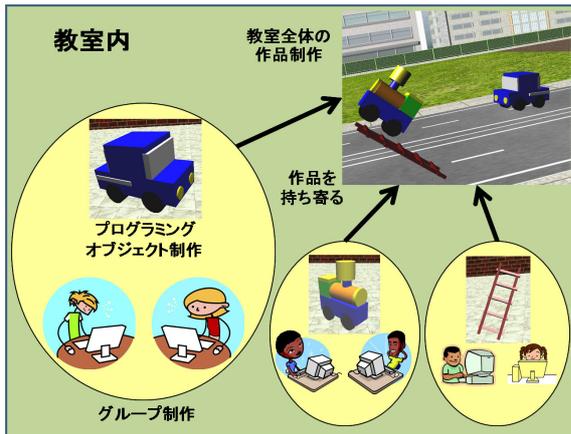


図 1 共同創作モデル
Fig. 1 Collaborative Creation Model

1 台の共有 PC を設ける．このような環境で，まず児童らはグループ内で共同して 3D オブジェクトを創作する．これによって，児童らは複数人で 1 つのものを制作するグループワークの力を養う．次に児童らは，3D オブジェクトに対してプログラミングを行うことで，そのオブジェクトに対して動きを与える．最後に，児童らが各グループで創作した 3D オブジェクトを共有 PC に持ち寄り，教室全体で 1 つの作品を創作する．各々のグループの作品が，教室全体の作品の一部を形成することで，児童らは分担作業を行う力を養う．このような共同創作モデルにより，たとえば，児童らがグループで乗り物の 3D オブジェクトとプログラムを創作し，それらを共有 PC に集めて 1 つの街を創作するといった創作活動を行うことができる．

2.2 3D オブジェクト共同創作

SnowBoy では，児童間で 3D オブジェクトを共有することによる，複数人での 3D オブジェクト共同創作が可能である．児童らは同じ 3D オブジェクトを共有しているが，異なる視点から創作を行うことができる．これにより，児童らは 3D 空間における奥行きが分からないという問題に対処できる．たとえば図 2 のように，車オブジェクトを左側から見ている児童には，

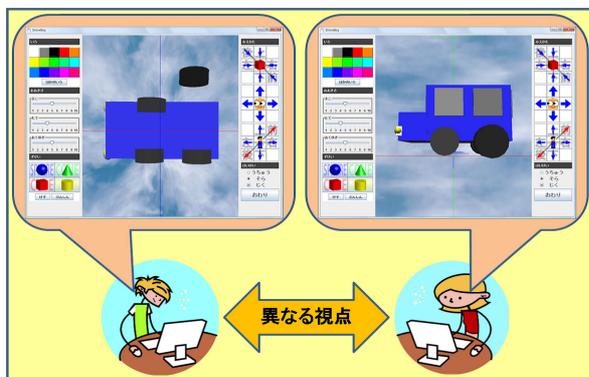


図 2 3D オブジェクト共同創作
Fig. 2 Collaborative 3D Object Creation

タイヤの位置がずれていることが分かりにくいですが，下側から見ている児童はタイヤの位置のずれを知ることができる．このようなそれぞれの児童からの 3D オブジェクトの見え方を，会話を通して共有することで，3D オブジェクトの共同創作が容易になり，児童らの参加意識が高められる．

SnowBoy における 3D オブジェクト創作では，まず児童らは基本的な 3D 図形を選択し，編集用の 3D 空間にそれを出現させる．基本図形の大きさ，色，形を変え，それらを積み木のように組み合わせることによって，児童らは 3D オブジェクトを創作する．

2.3 共同プログラミング

SnowBoy では，3D オブジェクトに対してプログラムを付与することで，その 3D オブジェクトに動きを与えることができる．プログラミングの方法には，Squeak eToys³⁾ などで用いられているタイルプログラミングを採用している．SnowBoy 上でのタイルプログラミングを図 3 に示す．タイルプログラミングは，平易な言葉で書かれたプログラミングの部品（タイル）をドラッグ&ドロップで移動させ，組み合わせることで行う GUI プログラミングである．これにより，児童らは容易にプログラミングを行うことができ，また，児童らの論理的思考力の向上や，科学的概念の習得が望める．さらに SnowBoy では，3D オブジェクトの創作と同様に，複数人でのプログラミングを行うことが可能である．これにより，児童らは課題を共有し，グループ内で知識を出し合って目標の動きを 3D オブジェクトに与えることができる．

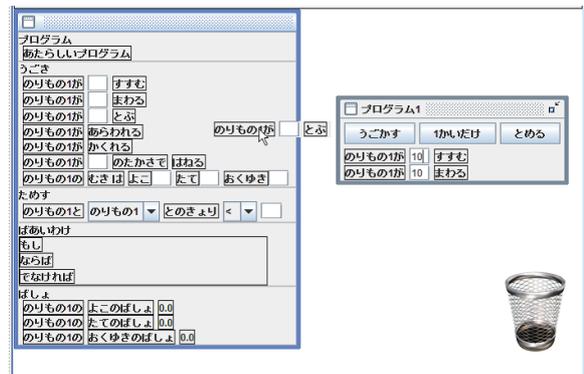


図 3 タイルプログラミング
Fig. 3 Tile Programming

2.4 他者の作品との関連を考慮したプログラミング

SnowBoy では，児童らは他のグループで作成中の 3D オブジェクトの名前を参照でき，それらのオブジェクトとの関係を用いたプログラミング（以下，コラボプログラミングとする）を行うことができる．コラボプログラミングで用いるタイルの例を図 4 に示す．このタイルには，共有 PC に各グループで創作された 3D オブジェクトを集めたときに複数の 3D オブジェクト間に生じる距離や向きといった関係が記述されて



図 4 コラボプログラミングで用いるタイルの例
Fig. 4 Example of Tile Used for Collaborative Programming

いる．これを用いることによって，他の 3D オブジェクトの状態によって 3D オブジェクトの動きを変化させるようなプログラミングが可能となる．たとえば，図 4 のような，ヘビオブジェクトとの距離が短くなるとカエルオブジェクトが隠れ，長くなるとカエルオブジェクトが現れて動き出すといったプログラムを記述することができる．この機能を用いることにより，児童らが他のグループと共同で創作する作品について相談したり，プログラミング試行の繰り返しを行ったりして，児童らの参加意識の高まることが期待できる．

2.5 協調システム開発基盤

2.2 節，2.3 節で述べた，3D オブジェクトやプログラムを共有する機能は，協調作業システム開発基盤“CUBE”⁴⁾を用いて実現している．CUBE では，各コンピュータ上の同じオブジェクトの状態を同一に保つための機構を提供する．この CUBE を用いて，3D オブジェクトやプログラムを同一の状態に保つ．3D オブジェクト編集においては，3D オブジェクトそのものは共有するが，児童の視点を各 PC 上で独立にすることで，異なる視点からの共同創作を実現している．

3. 実 験

SnowBoy の有用性を評価するために，小学校 3 年生から 6 年生までの児童 8 人を対象としてワークショップを開催し，SnowBoy を用いた創作活動を実際に体験してもらった．ワークショップ中に見られた児童らの様子から，質的研究の評価基準⁵⁾に基づき，児童らの参加意識が維持・向上されていたかについて，参与観察により評価を行った．

3.1 ワークショップの流れ

ワークショップ中の様子を図 5 に示す．本ワークショップでは，まず児童らに 2 人組を作ってもらい，それを 1 つのグループとした．このとき，児童の PC を隣り合わせに配置し，お互いの画面が見えるグループと，端末を向かい合わせに配置し，お互いの画面が見えないグループとに分かれてもらった．グループで 3D オブジェクトとプログラムの共同創作を行ってもらい，完成した後，その 3D オブジェクトを共有 PC 上に集めてもらった．また，なかなか題材が決まらず，3D オブジェクトを作り出せない児童のために「のりものをつくろう」というテーマを与え，乗り物の 3D オブジェクトのサンプルを提示した．それに伴い，共



図 5 ワークショップ中の様子
Fig. 5 A Picture of The Workshop

有 PC 上には道路や建物などの 3D オブジェクトを配置し，街を表現した 3D 空間を用意した．

3.2 結果と考察

児童らは概ね創作活動に集中して取り組み，思い思いの作品を完成させていた．本節では，ワークショップ中に見られた児童らの行動と，その考察について述べる．

3.2.1 参加意識の向上

ワークショップ中に見受けられた，児童らの参加意識が向上していることを思わせる行動と，その考察について述べる．

【教えあい】操作方法が分からない児童に対して，他の児童が操作方法を教えていたり，自分が発見したことを他の児童に教える児童が見受けられた．これは，児童らが共同 3D オブジェクト創作や共同プログラミングを行うとき，児童らのグループ創作への参加意識が向上し，積極的にグループメンバーへのコミュニケーションをとっていたためと考えられる．

【作業の分担】作品創作のために，グループの中でそれぞれの役割の分担を行っていた．その中には「じゃあ俺プログラムやるわ」と言って，3D オブジェクト創作とプログラミングを分担している児童らが見受けられた．これは，グループで共同の作品（プログラムが付与された 3D オブジェクト）を創作することで児童の参加意識が向上し，共同創作のための効率の良い方法を模索していたためと考えられる．

【作品共有】児童らは，グループで創作した作品を，積極的に共有 PC に集めようとしていた．「見て見て～」と言って，自分の作品を他の人に見てもらいたいという児童や，共有 PC 上で自分の作品を動かそうという児童が見受けられた．これは，作品を共有の場に集めることが，児童らの参加意識を高める効果があることを示している．

これらの児童らの行動からは，児童がグループという共同体の中に積極的に参加しようとする意識があることがうかがえた．

3.2.2 課題

ワークショップを通して、課題として挙げられたことと、その考察について述べる。参加意識の向上がうかがえた一方で、いくつかの課題も明らかになった。

まず、3D オブジェクトの取り合いや、グループメンバーの1人が勝手に3D オブジェクトを削除してしまうなど、操作の競合が発生した。これにより、児童らの意思疎通がうまく行えず、グループでの創作を嫌い、一人で創作をしたいという児童も見受けられた。また、PCを隣り合わせと向かい合わせで配置した場合とでは、グループの中でのメンバー間のコミュニケーションの量に大きな差が見られた。PCを隣り合わせに配置したグループでは、概ね活発なコミュニケーションがとられていた。これに対して、PCを向かい合わせに配置したグループでは、ほとんどメンバー間でコミュニケーションをとることがなく、「1人でしたい」と言い出す児童も見受けられた。このことから、操作対象が同じというだけでは協調学習の環境としては不十分であり、児童らが互いにコミュニケーションのとり易い位置にすることが、協調学習において重要な要素であることがうかがえる。

また、今回はコラボプログラミングの効果を判断することができなかった。この理由には、コラボプログラミングの前の段階である3D オブジェクト創作や単純な動作のみのプログラミングに時間が掛かりすぎてしまい、コラボプログラミングを利用するには時間が足りなかったことが考えられる。また、ワークショップに参加した児童らのほとんどはコンピュータを用いたプログラミング学習の経験がなく、初回から使用するには難しすぎたということも理由として考えられる。今後は、ワークショップの時間を長く設定するなどして、児童らにコラボプログラミングを使用してもらい、コラボプログラミングが児童にもたらす効果を確かめていきたい。

4. 関連研究

4.1 複数人参加型3D オブジェクト作成システム

複数人が参加して3D オブジェクトを作成するシステムは既に提案されているが⁶⁾、このシステムでは3D オブジェクトの作成が行えるのみである。SnowBoyでは、初等教育への利用に着目し、作成した3D オブジェクトに対するプログラムの付与による論理思考力を育成や、複数人で作品を持ち寄ることによる参加意識の向上を図っている。

4.2 NetMorph

NetMorph⁷⁾は、プログラミング作品をPC間で移動させ、児童間で共有することができる環境である。NetMorphでは、仮想空間を共有し各PCにその一部を割り当てることでプログラミング作品のPC間の移動を実現している。これに対して、SnowBoyでは共有PCと各個別PCの空間は別の空間であり、共有・創

作という目的で区別されているという点でNetMorphとは異なり、教室全体で1つの作品を作り上げることが可能となる。

5. おわりに

本稿では、初等教育を対象とした協調学習支援システムSnowBoyについて述べた。ワークショップを実施した結果、SnowBoyが児童らの参加意識を向上させていることを思わせる行動を確認することができた。また、共同創作をする上で、操作の競合などの問題があることがわかった。

今後の課題として、児童らがより理解しやすいインタフェースへの改良や、操作の競合を防ぐ排他制御の実現、児童らの参加意識をより高めるための機能の考案などが挙げられる。今後はワークショップへの適用・評価を重ね、システムの改善を行っていきたい。

謝辞

本研究の一部は科研費(19500113)の助成を受けたものである。

参考文献

- 1) 兼宗進, 阿部和広, 原田康徳, “プログラミングが好きになる言語環境”, 情報処理学会誌, Vol.50, No.10, pp.986-995, 2009.
- 2) 文部科学省: 小学校学習指導要領(平成10年12月告示, 15年12月一部改正)第7節 図画工作, 入手先 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301/03122601/008.htm), 参照 2009-11-13.
- 3) KIMBERLY ROSE, BJ ALLEN-CONN 著, 大島芳樹監修, 喜多千草監訳, 片岡裕子翻訳, 高田秀志解説, “子どもの思考力を高める「スキーク」”, WAVE 出版, 2005.
- 4) Shogo Noguchi, Hideyuki Takada, “CUBE: A Synchronous Collaborative Applications Platform Based on Replicated Computation”, Col-labTech2009, 2009.
- 5) 久保田 賢一 著, “構成主義パラダイムと学習環境デザイン”, 関西大学出版部, 2000.
- 6) 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.
- 7) Masashi Umezawa, Kazuhiro Abe, Satoshi Nishihara, Tetsuya Kurihara, “NetMorph - an intuitive mobile object system”, First Conference on Creating, Connecting and Collaborating Through Computing 2003(C5 2003), pp.32, 2003.