

平成 22 年 6 月 28 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19500113
 研究課題名（和文） タイルプログラミングを活用した教室内協調創作学習環境の構築
 研究課題名（英文） The Development of a Classroom-Oriented Collaborative and Creative Learning Environment Utilizing the Tile Programming
 研究代表者
 高田 秀志（TAKADA HIDEYUKI）
 立命館大学・情報理工学部・准教授
 研究者番号：30378830

研究成果の概要（和文）：

初等教育でのコンピュータを活用した授業において、従来から行われている「調べ学習」等のリテラシ教育ではなく、子どもたちが教室内でプログラミングを通して共同で作品作りを行うことで、創造性や論理的思考力、問題解決能力の育成を図ることを目的とした協調創作環境の構築を行った。また、この環境を用いて、実際に子どもたちを対象にした検証ワークショップを実施し、本協調創作機能が子どもたちの作品作りを非常に活発化することが確認された。

研究成果の概要（英文）：

For classes utilizing computers in primary education, we have developed a collaborative creation environment which aims at promoting children's creativity, logical thinking skill and problem solving ability through working on projects collaboratively in classrooms. We have also conducted an evaluation workshop for children and confirmed that this collaborative creation function empowers the children's engagement to projects.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2008 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：協調学習、プログラミング学習、タイルプログラミング、ピア・トゥ・ピア

1. 研究開始当初の背景

近年、初等・中等教育における学校現場にも広くコンピュータが普及し、「総合的な学習の時間」などにより活用されている。現在広く行われているコンピュータを用いた学習には、キーボードやマウス、代表的なアプリケーションソフトウェアの利用法を学ぶ

「コンピュータリテラシー教育」、インターネット上の情報を検索してそれをまとめて発表などを行う「調べ学習」などが代表的なものである。これらは主として、コンピュータを中心とする情報機器の使い方や、インターネット時代における情報活用の仕方を習得することに力点が置かれている。

一方、研究代表者らのグループでは、コンピュータ本来の機能である「プログラミングが可能」という特長を生かし、プログラミングを通じて数学的概念や科学的概念、論理的思考力、問題解決能力等の向上を目的とした学習環境の構築と、京都市内を中心とする小学校等における実際の授業実践による評価を行ってきた。具体的には、「パーソナルコンピューティングの父」と呼ばれるアランケイ博士らのグループが開発したオブジェクト指向プログラミング環境 Squeak を利用し、その上でのカリキュラム構築やテキストの作成、「総合的な学習の時間」やクラブ活動等での授業実践を実施してきた。遂行に当たってはアランケイ博士をはじめとする Squeak の開発グループや、教育委員会・小中高等学校、企業の社会貢献部門などと密接な連携を行い、その成果は日本国内で着実に広まりつつある。

2. 研究の目的

前項で述べたような学習における授業形態は、子ども達自らが課題を発見し、解決していく問題解決型の取り組みである。すなわち、教師から与えられる知識を一方向的に吸収しようとするだけではなく、自分の力で問題を設定し、仮説を立て、検証していくという科学的な態度が要求される。しかし、学校現場における実際の授業においてはこのような取り組みが必ずしも成功するわけではない。中には、好奇心を維持できずに脱落してしまいそうになる者や、やりたいことはあるのだけれどもどのようにしていいかわからず、先へ進まなくなってしまう者が現れる。一方では、課題を次々と達成していく者もあり、達成度に差が大きいのがこの種の授業での問題点である。

このような問題点が発生する原因として、現在の主な学習形態が、学習者に個々に与えられたパソコン環境を用いて、学習者が個々に課題に取り組むという形で行われており、個々の達成状況やつまずきの把握、個々に対する的確なアドバイスが行いにくいということが考えられる。特に、30名程度のクラスを対象に担任教師一人でこのような授業を行うことは大きな困難を伴う。

この問題を解決するには、学習者の問題の発見やその解決の過程を、学習者間で支援しあう「協調的学習環境」が適していると考えられる。すなわち、学習者間での協調的な活動を通じて意欲の維持を行い、また、つまずきをお互いに補完しあうことができ、さらには、コンピュータ上でのやり取りや直接の会話を促進することによって教師が全体の達成度を把握することができるのではないかと考える。

そこで本研究では、教室内で学習者がコン

ピュータを用いて協調的にプログラミングを通じた学習が可能な「教室内協調創作環境」の構築と、実際の教育現場での適用と評価を行う。本研究で構築を目指す環境は、下記のようなものである。

(1) Squeak で実現されているタイルプログラミング機能を取り入れ、複数の学習者がプログラミングを通じた創作プロジェクトを協調して遂行することを可能にする。

(2) 学校における典型的な「パソコン教室」を考慮し、大型モニタに接続された教師用のパソコンと、学習者一人ずつが使うパソコンを用いて、協調創作活動を行うことを可能にする。

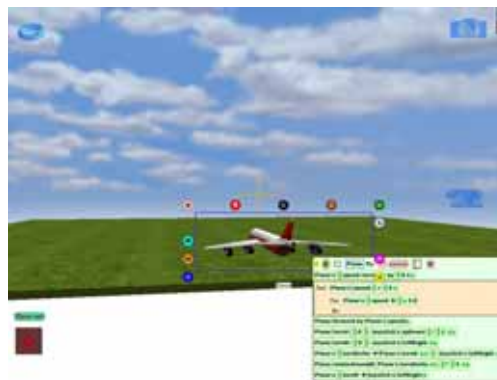
(3) 実際の授業時に必要とされる学習者の理解度の把握と、学習結果の評価のための仕組みを実現する。

このような環境は、今後ますます学校現場へパソコンの導入が進み、パソコンを活用した授業の充実が求められるようになると、有効に機能するものと考えている。

3. 研究の方法

研究代表者は、本研究課題の原型となるプロトタイプを作成した。これは、3次元ワークスペース上に配置されたオブジェクトに対して、Squeak のタイルプログラミング環境が利用できるというものである。図1はその例で、飛行機が加速し離陸していく様子を表現するプログラムを書いている。また、この環境は3次元ピアトゥピア空間共有環境 Croquet (<http://opencroquet.org/>) で提供されている複数ピア間での同期機構を用いて創作物を共有する仕組みを提供している。

図1：プロトタイプの画面



ただし、このプロトタイプ作成を通じて種々の問題が明らかになった。実際にこの環境を学習に活用するためには、下記のような課題を解決する必要があると考えている。

(1) コンピュータ上での協調的な創作活動を支援するためのオブジェクト管理モデルの構築

協調的創作活動をオブジェクト指向的な枠組みでとらえると、ネットワークで接続されたコンピュータ上に存在しているオブジェクト群の管理が必要である。特に、あるオブジェクトに対して複数の学習者がそれぞれのパソコン上でプログラミングを行う場合においては、従来のオブジェクト指向分散システムにはないオブジェクトの同期モデルや動作モデルが必要になると考えられる。

(2) 教室内の学習者間、教師・学習者間のコミュニケーションモデルの構築

教室内の学習環境を仮定する場合、コンピュータを介したコミュニケーションと、コンピュータを介さないコミュニケーションが混在することになる。一般には、発想やつまずきなどはコンピュータを介さないコミュニケーションとして共有される場合が多いと思われるが、これが本来協調を促進したいものである。コンピュータ上と直接会話との役割分担を明確化し、システムの機能と合わせて発想やアイデアを共有可能な環境を実現する。

(3) 学習者の活動評価モデルの構築

教室での学習者の活動は、パソコンの操作やそれに伴って作成されるプログラム、コンピュータ上や直接のコミュニケーション、資料の参照などに現れる。これらをログとして収集し、活動の分析や評価に役立てるために、ログの収集・解析・評価を行える機構を構築する。

4. 研究成果

本研究では、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”を構築した。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、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。

(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2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



図2：共同創作モデル

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) 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3のように、車オブジェクトを左側から見ている児童には、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、



図3：3Dオブジェクト共同創作

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。

(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 eToys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4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。

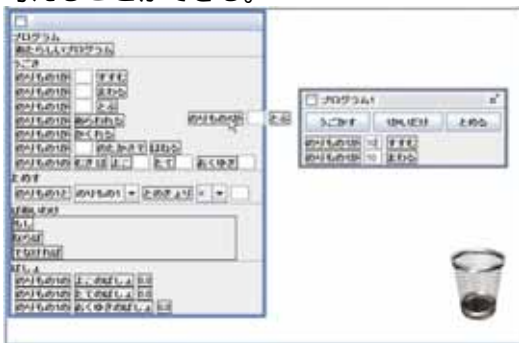


図4: タイルプログラミング

(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5に示す。このタイルには、共有PCに各グループで作成された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5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。

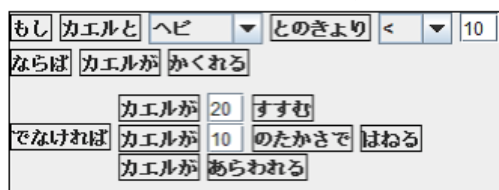


図5: コラボプログラミングでのタイルの例

(5) 評価実験と考察

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。

ワークショップ中の様子を図6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、「のりものをつくらう」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。



図6: ワークショップ中の様子

次に、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。

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」と言いた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やすい位置にいることが、協調学習において重要な要素であることがうかがえる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 8 件)

著者名：取越翔太郎、柿内達真、高田秀志、論文表題：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、雑誌名：情報処理学会シンポジウムシリーズ(インタラクションシンポジウム)、査読：有、巻：2010、発行年：2010、ページ：59-62

著者名：S.Noguchi、H.Takada、論文表題：CUBE: A Synchronous Collaborative Applications Platform Based on Replicated Computation、雑誌名：Proceedings of the Fifth International Conference on Collaboration Technologies、査読：有、発行年：2009、ページ：19-24

著者名：植田亘、野口尚吾、高田秀志、論文表題：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、雑誌名：情報処理学会研究報告、査読：無、巻：2009-GN-72、発行年：2009、ページ：オンライン出版

著者名：柿内達真、取越翔太郎、桜打彬夫、大東和忠幸、野口尚吾、高田秀志、論文表題：SnowBoy：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、雑誌名：情報処理学会研究報告、査読：無、巻：2009-GN-72、発行年：2009、ページ：オンライン出版

著者名：T.Otowa、H.Takada、論文表題：Development of a Project Exchange Tool for Squeak eToys using Tangible Media and Its Application to Primary Education、雑誌名：Proceedings of the Seventh International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing、査読：有、発行年：2009、ページ：71-77

著者名：奥井善也、原田史子、高田秀志、島川博光、論文表題：講義中の反応に基づく説明方法と教材の改善、雑誌名：情報処理学会論文誌、査読：有、巻：50、発行年：2009、ページ：361-371

著者名：大東和忠幸、高田秀志、論文表題：有形媒体による学習者間の接触を可能とした初等教育向けプログラミング成果物交換機能の実現、雑誌名：電子情報通信学会技術研究報告、査読：無、巻：108、発行年：2008、ページ：21-26

著者名：田口浩、糸賀裕弥、山本哲男、高田秀志、島川博光、論文表題：プログラミング演習評価と講義反応を連携させ

た理解の契機の抽出、雑誌名：電子情報通信学会論文誌 D、査読：有、巻：J91-D、発行年：2008、ページ：345-357

〔学会発表〕(計 14 件)

発表者名：鈴木悟、櫻打彬夫、高田秀志、発表タイトル：異種端末が混在した P2P 型複製オブジェクト管理手法とその評価、学会名等：情報処理学会第 72 回全国大会、発表年月日：2010 年 3 月 9 日、発表場所：東京大学（東京都）

発表者名：高橋利幸、野口尚吾、高田秀志、発表タイトル：P2P 型オブジェクト複製環境における連携/非連携チェックポイント手法の性能評価、学会名等：第 8 回情報科学技術フォーラム、発表年月日：2009 年 9 月 2 日、発表場所：東北工業大学（宮城県）

発表者名：鈴木悟、櫻打彬夫、高田秀志、発表タイトル：小型情報通信端末による共同作業支援のための P2P 型オブジェクト複製環境、学会名等：第 8 回情報科学技術フォーラム、発表年月日：2009 年 9 月 2 日、発表場所：東北工業大学（宮城県）

発表者名：野口尚吾、高田秀志、発表タイトル：分散環境における局所的なオブジェクト複製を可能とする階層的グループ管理手法、学会名等：第 8 回情報科学技術フォーラム、発表年月日：2009 年 9 月 2 日、発表場所：東北工業大学（宮城県）

発表者名：山本佑樹、植田亘、野口尚吾、高田秀志、発表タイトル：端末間の処理能力を考慮した複製オブジェクトのふるまい同期手法、学会名等：第 8 回情報科学技術フォーラム、発表年月日：2009 年 9 月 2 日、発表場所：東北工業大学（宮城県）

発表者名：森口友也、柿内達真、取越翔太郎、高田秀志、発表タイトル：複製コンピューティング環境のための先行的ウェアレス機構の実現、学会名等：第 8 回情報科学技術フォーラム、発表年月日：2009 年 9 月 2 日、発表場所：東北工業大学（宮城県）

発表者名：西口昌志、高田秀志、発表タイトル：創作学習活動における創造性促進のための相互評価学習システムの提案、学会名等：情報処理学会第 71 回全国大会、発表年月日：2009 年 3 月 12 日、発表場所：立命館大学（滋賀県）

発表者名：野村俊太、大東和忠幸、高田秀志、発表タイトル：初等教育でのプログラミング学習における教員支援のための学習状況の視覚化、学会名等：情報処理学会第 71 回全国大会、発表年月日：2009 年 3 月 12 日、発表場所：立命館大学（滋

賀県）
発表者名：野口尚吾、野村俊太、植田亘、笠井康寛、高田秀志、発表タイトル：オブジェクト同期によるリアルタイム協調作業支援システム開発基盤の構築、学会名等：第 7 回情報科学技術フォーラム、発表年月日：2008 年 9 月 3 日、発表場所：慶応義塾大学（神奈川県）

発表者名：植田亘、野口尚吾、高田秀志、発表タイトル：異種端末間でのリアルタイム協調作業支援を可能にするオブジェクト同期手法の提案、学会名等：第 7 回情報科学技術フォーラム、発表年月日：2008 年 9 月 3 日、発表場所：慶応義塾大学（神奈川県）

発表者名：T.Otowa、H.Takada、発表タイトル：A Squeak Project Sharing System Through Tangible Contact & Smart Cards、学会名等：SqueakFest 2007、発表年月日：2007 年 8 月 3 日、発表場所：シカゴ（米国）

発表者名：望月規宏、高田秀志、発表タイトル：カリキュラムの評価のための到達度獲得機能の構築、学会名等：日本教育工学会第 23 回全国大会、発表年月日：2007 年 9 月 23 日、発表場所：早稲田大学（埼玉県）

発表者名：河田裕、大東和忠幸、高田秀志、発表タイトル：SmartCard を使用した児童間の相互学習促進システムの構築、学会名等：日本教育工学会第 23 回全国大会、発表年月日：2007 年 9 月 23 日、発表場所：早稲田大学（埼玉県）

発表者名：田島弘貴、高田秀志、発表タイトル：3 次元協調創作環境におけるアイデア共有支援機能の構築、学会名等：日本教育工学会第 23 回全国大会、発表年月日：2007 年 9 月 23 日、発表場所：早稲田大学（埼玉県）

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等
<http://www.cm.is.ritsumeai.ac.jp/ja/index.php/Research>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高田秀志 (TAKADA HIDEYUKI)
立命館大学・情報理工学部・准教授
研究者番号：30378830