

Squeak eToys の改良および学習効率における評価

竹村 顕大朗¹ 白井 康雄¹ 萩野 哲男¹ 高田 秀志² 上善 恒雄^{1,3}

¹京都大学大学院情報学研究科

²立命館大学情報理工学部

³大阪電気通信大学総合情報学部

概要: Squeak eToys は直感的にプログラミングを学ぶことのできる優れた環境であり、年々着実に浸透していると考えられる。しかしながら、その優れた環境においても未だ学習を行うに当たって不便であると思われる部分は数々あり、それがカリキュラムのスムーズな進行を阻害してしまうというケースも往々にして見受けられる。そこで本稿では、学習内容とは関係のない煩雑な作業をまとめてわかりやすくパッケージ化したものを提供し、またそのパッケージの内部を閲覧し発展的内容を自主的に学習することを容易にさせるシステム、およびそれを用いて Squeak eToys を用いた学習をより効率化させることを提案する。また、この研究の一環として行ったワークショップの結果と考察についても報告する。

Improvement of Squeak eToys and Evaluation of Learning Efficiency

Kentaro TAKEMURA¹

Yasuo SHIRAI¹

Tetsuo OGINO¹

Hideyuki TAKADA²

Tsuneo JOZEN^{1,3}

¹Graduate School of Informatics, Kyoto University

²College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

³Faculty of Information Science and Arts, Osaka Electro-Communication University

Abstract: Squeak eToys is good intuitive programming environment for education, and becomes more popular year by year. However, even in such splendid environment, there are many problems for educating and they often disturb smooth progress of our classes. In this paper, we propose a system. This system makes them easy to make complicated operations, which are not lesson contents, understandable by packaging them together. And they can learn progressive contents independently by viewing inside of the packaged operations. We also propose a plan to make education with Squeak eToys more efficiently by using the system. And we describe about a workshop that was held as a part of this study.

1. はじめに

近年、情報技術の発達と普及に伴い、計算機を利用した教育が非常に重要となっており、Smalltalkをベースとしたプログラミング環境Squeak^[1]、特にその中でもタイトルスクリプトシステムによる非開発者向けプログラミング環境であるSqueak eToys^[2]は、キーボード

操作に習熟していない低年齢児童にとってはコンピュータリテラシー教育を扱う上で最も適した環境の一つであると考えられる。このことからSqueak eToysを用いたコンピュータや科学、数学の教育に関する実践的な研究が盛んに行われており^{[3][4]}、ALAN-Kプロジェクト^[5]のようなワークショップ活動以外にも、実際

の通常授業にて利用されるケースも数多く存在している。だがSqueak eToysという教育用環境においては、児童の理解レベルに合わせた操作方法の変更は難しく、目的とする内容を教えるにあたって、対象児童の学年では理解困難な概念・操作を回避することができず、結果として理解できずに脱落してしまう児童を増やしてしまうケースが多くなっていると考えている。

そこで本研究ではそれらの複雑な操作・概念をわかりやすくまとめて提供し、かつそのまとめた内容を閲覧することのできる「モーフパッケージ化システム」を提案する。このシステムにおいては授業の上で障害となっている授業内容の本質とは関係のない操作・概念をSqueak eToys環境におけるモーフやタイル²の操作により、指導者がわかりやすい表現にまとめてパッケージ化することにより回避する。これによって児童への本来の学習内容以外の負担は軽減され、授業はよりスムーズに運営されると考えられる。また指導者により隠された複雑な操作を完全なブラックボックスとして扱うのではなく、理解の早い児童にそのモーフがどのようなスクリプトによって動いているのかを調べることができるようにすることで、授業の内容よりも発展的な操作や概念を自発的に学習する手段を提供している。

この案の土台となるべき、「操作をわかりやすくまとめたモーフを使うことで効率が向上する」ということを確かめる為、我々はアニメーションに特化した「プロジェクトモーフ」を独自に開発し、これを用いたワークショップを通じて実際に児童に使ってもらった実験を行い、使用中の映像、および使用後のアンケートによってこのプロジェクトモーフの評価を行った。

2. 「モーフのパッケージ化システム」の概要

本節では、学習内容外の煩雑な処理をまとめることで授業をスムーズにし、かつ内部をわかり易く閲覧できるようにすることでユーザの自発的学習の手助けとなるモーフのパッケージ化システムについての概要を説明する。

2.1. コンセプト

このシステムは、指導者が複雑な操作をまとめてわかりやすい表現にすることにより、複雑な操作を簡単に利用できるようになるという仮説を前提としたシステムである。また、このシステムにおいては、

新しく作り出したモーフの内部の仕組みを誰でも見ることができるため、ユーザは新しく作られたモーフの内部を調べ、その手法を自主的に学ぶこともできる。

実際にSqueak eToysを用いた学習を行う上において、本来の学習内容ではないにも関わらず対象となる児童にとっては習得・理解の難しい部分が障害となり学習が思うように進まなくなる場面が多く見受けられたことがこのシステム提案の背景にある。このシステムを用いて習得・理解の難しい表現・操作をわかりやすい内容にまとめることにより、本来学ぶべき内容以外での児童の負担を軽減させ、Squeak eToysを利用した学習がよりスムーズになると考えている。さらに、まとめるだけでなく、まとめた操作を任意にわかりやすく閲覧できる機能を与えることにより、まとめた操作のブラックボックス化を防ぎ、かつより高度な操作への学習意欲を持つ児童に対して自主的な学習のための手段を提供している。

また、教育現場においては基本的に指導者側もソフトウェア開発については十分な水準にないと見るべきであり、Squeak 内部を変更するためにSmalltalkを用いたプログラムコードを編集することは実際において不可能に近いため、その操作はSqueak eToysと同様、モーフとタイルの操作のみで行えるようにする。

2.2. インタフェースについて

このシステムを利用するに当たっては、ユーザはタイピング操作を要求されないインタフェースにすることが重要である。よって、基本的な操作はすべてドラッグ&ドロップにより行うべきであり、その方針を基にインタフェースを設計した。

2.3. 主な機能について

2.3.1. 利用されるモーフの登録

図1のように、ウィンドウの中に新しいモーフで使用されるモーフをドラッグ&ドロップすることにより登録されるようにする。

2.3.2. モーフ固有の操作タイルの登録

図2のように、通常の方法で作成されたスクリプトをウィンドウの中にドラッグ&ドロップすることによって、スクリプトに記述された一連の操作がそのモーフ固有のカテゴリにあるタイルの操作として登録されるようにする。

¹ Squeak eToys内において制御可能な描画オブジェクト

² モーフを制御するためのタイルスクリプティングに用いる

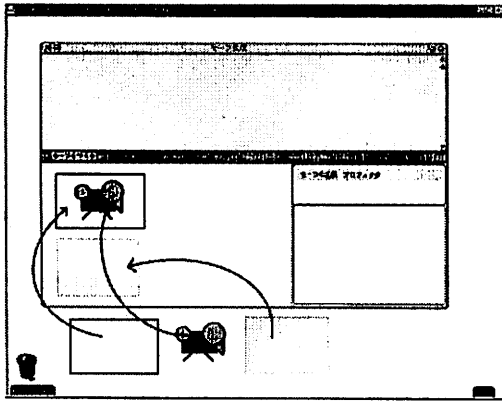


図1：モーフ登録の概念図

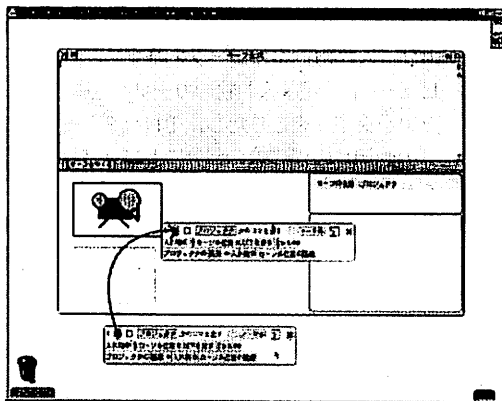


図2：タイル登録の概念図

2.3.3. 作成したモーフのブラウジング・編集

図3のように、ウィンドウ内において既に登録済みのモーフを選択するとそのモーフがどのようなモーフにより構成され、またどのような固有のビュー

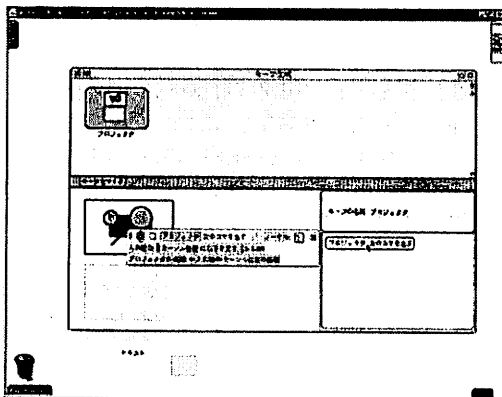


図3：モーフのブラウジング・編集の概念図

ワカテゴリーのタイルを持っているかをブラウジングすることができる。また、登録されているモーフの編集や、タイルの操作内容を編集することも可能であり、編集された結果はそのモーフすべてのインスタンスに即時に反映されるようにする。

3. プロジェクタモーフの概要

Squeak eToys において児童が自ら考えた作品を表現する上で最も困難と考えられる要素の一つがアニメーションである。本来、アニメーションではモーフの見た目を変化させる操作や、順序つき集合など様々な操作・概念を教えるために用いるが、絵を動かすだけに用いるには必要以上に煩雑な操作が必要となり、児童が自由に作品を作るうえで大きな障害となっている。そのため、本来の目的とは関係のない煩雑な処理の一例としてアニメーション作成を取り上げる。

本節では、前述のシステムの中での機能のうち「煩雑な処理をまとめることにより授業をスムーズにする」ということについて重点を置いて開発したアニメーション専用モーフ「プロジェクタモーフ」について、その概要を説明する。

3.1. コンセプト

プロジェクタモーフは低年齢児童が容易にアニメーションを製作し作品の表現手段として容易に使えるように開発したモーフであり、低年齢児童が扱いやすいよう、従来に比べ少ない回数での操作でより直感的にアニメーションを作り出すことが出来るように設計している。このモーフは煩雑な処理をまとめることによってどの程度授業がスムーズになるかについて調べる実験材料として作成したものであるため、本稿におけるタイルパッケージ化システムのもう一つの目的である「パッケージ化されたタイル内を見ることによる自発的学習」については対象としていないためその機能は実装していない。

3.2. 従来のアニメーション作成方法

ここで従来の Squeak における一般的なアニメーションの作成方法を説明する。

まず、アニメーションにおいて必要とされるモーフを準備する段階における操作手順を図4で説明する。

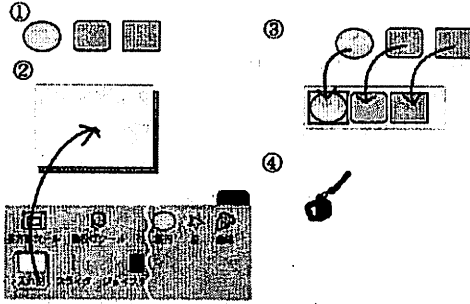


図4：従来のモーフの準備

- ① アニメーションで使用する絵を用意する
- ② 画面下部の「部品」欄から「入れ物」を取り出し画面内に設置する
- ③ ②で設置した「入れ物」内に①で作成した絵を入れる
- ④ アニメーションを描画する対象となるモーフを作成する。このモーフはアニメーションのグラフィックを写す対象となるためだけのものであり元の絵はどのような物であっても構わない（このモーフを以降ダミーモーフと呼ぶ）

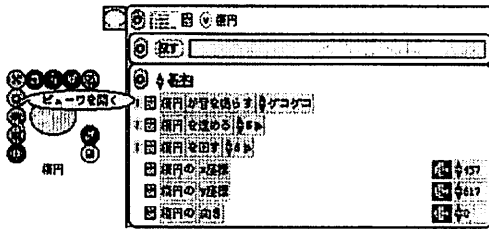


図5：Squeak eToys におけるビューフ

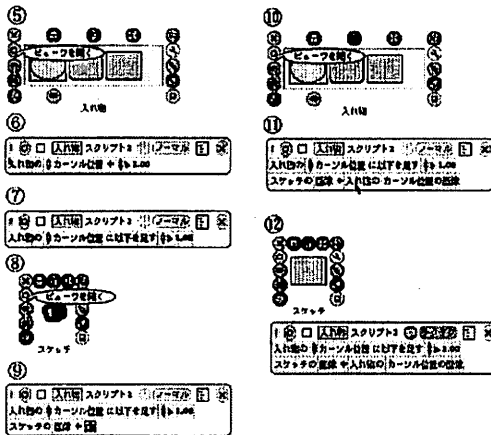


図6：従来のスクリプト作成の操作

次に、アニメーションを実行するスクリプトを作成し実際にアニメーションを動かすまでを図6で説明する。

- ⑤ 「入れ物」のビューフ³を開く
- ⑥ ビューフ内から「入れ物のカーソル位置」のタイルを取り出す。この際スクリプトのウィンドウが自動生成される
- ⑦ ⑥で取り出したタイル内の「カーソル位置」の部分「カーソル位置に以下を足す」に変更する
- ⑧ ④で作成したダミーモーフのビューフを開く
- ⑨ ビューフ内からダミーモーフ「の画像」というタイルを取り出し、⑥で生成されたスクリプトウィンドウ内にドロップする
- ⑩ 再び「入れ物」のビューフを開く
- ⑪ ビューフ内から「入れ物のカーソル位置の画像」というタイルをとりだし、それをダミーモーフ「の画像」の横の絵の部分にドロップしタイルを結合させる
- ⑫ 最後にスクリプトウィンドウ上部の時計型アイコンをクリックするとスクリプトが繰り返し実行され、アニメーションが動き出す

このように従来の方法ではアニメーションを作成するにおいて多くの手順を必要とし、それ以外にもアニメーションとは関係のない絵を作成する必要があるなど低年齢児童の理解の妨げになる要素が多い。

3.3. プロジェクタモーフの特徴

以上の点を踏まえた上で煩雑であると考えられる処理をまとめ、特に低年齢の児童が扱いやすいようプロジェクタモーフに以下の特徴を盛り込んだ。

3.3.1. ダミーモーフの役割イメージの具体化

従来の方法においては、アニメーションを表示するために作成するダミーモーフの役割が特に児童にとってはわかりづらく、理解の妨げの一因となっていた。そこで、アニメーションのしくみ全体を映写機に見立て、ダミーモーフをそのスクリーンに見立てることでその役割を直感的にわかりやすいようにし、全体の仕組みを理解しやすくなるようにした。

³ そのモーフに対応する情報やスクリプトで扱う命令タイルをまとめて格納しているウィンドウ。（図5参照）

3.3.2. フィルムモーフの自動生成

アニメーションを作成するに当たって、アニメーションの絵を格納するための入れ物は必要不可欠である。しかし、従来の方法では明示的に入れ物を出すという説明をしなければならないためその点が負担となっていると考える。そこで、プロジェクタモーフを出すと同時に入れ物と同じ役割を果たすフィルムモーフを生成することにより、アニメーションにおいてフィルムモーフを利用することが直感的にわかるようにした。また、「フィルム」というシンボルを使うことによりその役割も直感的にわかりやすくした。

3.3.3. 単一ビューワによるスクリプティング

従来の方法ではダミーモーフと入れ物に対する2つのビューワにまたがったスクリプティングが必要であり、どのビューワにどのタイルが格納されているのかを把握する必要があったため、スクリプトを作成する上でこの点が大きな障害となっていた。そこで、アニメーションに必要なタイルを一箇所にまとめ、かつ表記をアニメーション向けに変更することによりスクリプティング作業が容易になるようにした。

3.3.4. アニメーション用の独自タイルの導入

アニメーションをより効率的に作成できるよう、従来のダミーモーフや入れ物には存在しないプロジェクタモーフ専用のアニメーション向けのタイルを導入した。

3.4. プロジェクタモーフによるアニメーション作成

このプロジェクタモーフを用いたアニメーションの製作方法について図を交えて説明する。

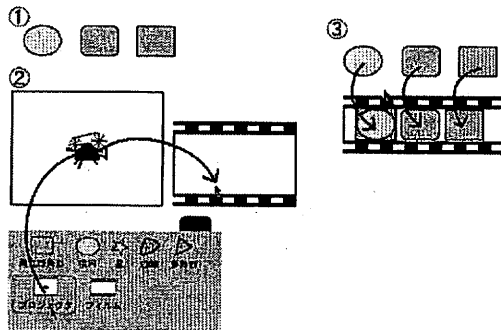


図7：新方式のモーフの準備

プロジェクタモーフにおいてアニメーション作成に必要なとされるモーフを準備する段階について図7を用いて説明する。

- ① アニメーションで使用する絵を用意する
- ② 画面下部の「部品」欄から「プロジェクタ」を取り出して設置する。この際「フィルム」モーフも同時に生成される
- ③ ②で設置した「フィルム」に①で作成した絵を入れる

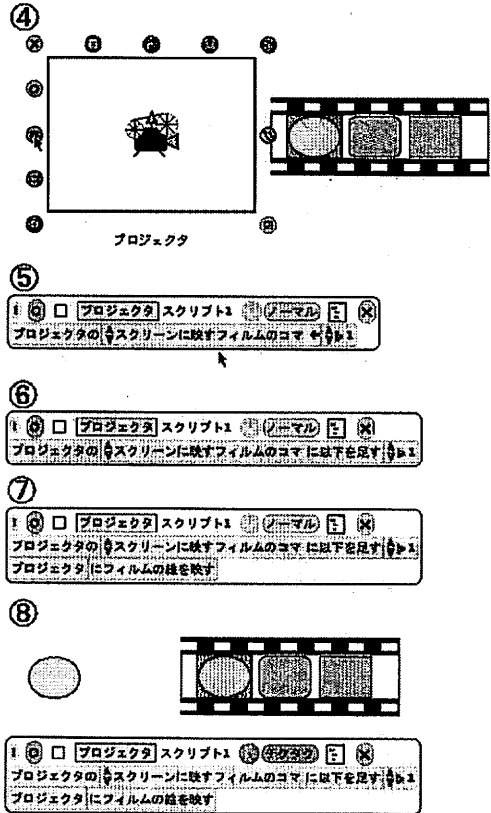


図8：新方式のスクリプト作成の操作

次に図8で示したプロジェクタモーフを用いたスクリプト作成の操作について説明する。

- ④ プロジェクタのビューワを開く
- ⑤ ビューワ内から「プロジェクタのスクリーンに映すフィルムのコマ」のタイルを取り出す
- ⑥ ⑤で取り出したタイルの「スクリーンに映すフィルムのコマ」の部分「スクリーンに映すフィルムのコマに以下を足す」に変更する

- ⑦ ビューワ内から「プロジェクタにフィルムの絵を映す」のタイルを取り出しスクリプトウィンドウ内にドロップする
- ⑧ 最後にスクリプトウィンドウ上部の時計型アイコンをクリックするとスクリプトが繰り返し実行され、アニメーションが動き出す

このようにプロジェクタモーフを用いたアニメーション作成では、従来に比べて手順が4つ分短く、さらに、直感的に理解しづらいダミーモーフが排除され、利用するビューワもプロジェクタモーフのビューワ1つだけとなっていることより児童にとってわかりやすくなった。

4. ワークショップ・実験詳細

本節では前述のプロジェクタモーフを用い、煩雑な処理をまとめることでどの程度授業がスムーズになるかを評価する為に行ったワークショップおよびその実験の詳細について述べる。

4.1. 実験コンセプト

この実験ではプロジェクタモーフを利用した際のアニメーション製作に要した時間と従来の方法に要した時間を比較することにより煩雑な処理をまとめたモーフを用いた際に作業がどれほど効率化されるのかについて調べた。

4.2. 実施場所、期間など

- ・場所：京都市立高倉小学校
- ・期間：2006年1月13日・20日
- ・対象：小学4年生～6年生、14名
- ・時間：90分(15:45～17:15)

4.3. 実験方法

4.3.1. 初日(1月13日)

今回のワークショップにおける児童は全員昨年9月のSqueakワークショップにおいても参加したメンバーである為、ある程度の技術を習得した経験があると判断し、従来のアニメーションに関しては復習程度に済ませ、プロジェクタモーフを用いたアニメーション作成方法も同時に教えた。また最後にアンケートを行った。

4.3.2. 二日目(1月20日)

14人の児童を2グループに分けて実験を行った。グループの分割方法については、初日の最後に行ったアンケートにて調査したSqueakの操作経験を参

考に、両グループとも同等の能力配分となるようにした。

実験内容は、児童にテーマを与えそのテーマを元にアニメーション作品を作ってもらい、従来の方式と新しい方式とではどのような差が出るかをビデオ撮影やアンケートを通じて評価するというものである。

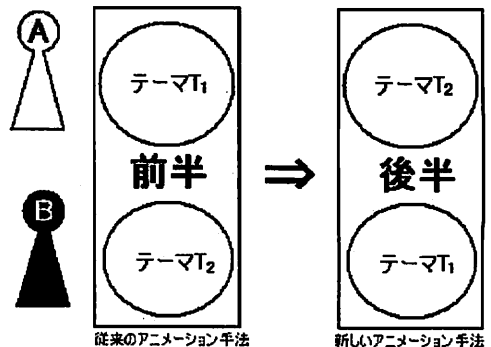


図9：実験全体の流れの概略図

全体的な流れとしては、図9に示すように、まず授業時間全体を前半と後半にわけ、二つのグループA、Bに対し、それぞれ異なるテーマT₁、T₂を与える。そして前半が終了すると各グループのテーマを入れ替え、今度はプロジェクタモーフを用いた新しいアニメーション手法にて再度アニメーション作品を作成してもらい、全体が終了した時点でアンケートをとるという形をとっている。また、児童の数名を選び出しその作業の様子全体をビデオで撮影し、これを分析した結果も実験の評価に加えた。

5. 結果・考察

5.1. アンケート結果

アンケートは前半、後半それぞれについて作品が簡単に作れたか、テーマはわかりやすかったか、思い通りに作品を作れたか、時間は十分に足りたかについて4件法にて調査した。また全体を通じてテキストはわかりやすかったか、新しい手法の方がよかったのかということについても同様に調べた。

アンケートを集計した結果が表1、および表2である。表1のとおり、新しいアニメーションのほうが良かったかどうかという質問に対しては平均して約2.64という値となり、ほぼ中間の値となった。また、新方式・旧方式の値の差よりグループA/Bの差の方が著しく大きいことより、今回の結果は方式の差よりむしろグループの能力差が反映されてしまっ

たとえられる。また、表2の(4)時間についての質問に関しては旧方式よりも新方式の方が低い値となっているが、これは時間配分の失敗により後半の新方式を用いたアニメーション作成に割り当てるべき時間が削られてしまったことに原因すると考えられる。

表1: グループ別集計結果

	質問(1)	質問(2)	質問(3)	質問(4)	質問(5)	質問(6)
グループA	3.28	3.86	3.36	2.64	3.43	3.14
グループB	1.36	2.28	1.64	1.36	2.68	2.14
全体	2.32	3.07	2.50	2.00	3.14	2.64

表2: 方式別集計結果

	質問(1)	質問(2)	質問(3)	質問(4)
旧方式	2.43	3.07	2.64	2.14
新方式	2.21	3.07	2.36	1.88

※質問番号

- (1) 作品は簡単に作れたか?
- (2) 作品のテーマは解りやすかったか?
- (3) 自分の作品を思ったとおりに出来たか?
- (4) 作品を作る時間は十分足りたか?
- (5) 作品を作っている途中でテキストは役に立ったか?
- (6) 新しいアニメーション方法の方がよかったか?

※回答結果

1: そうは思わない~4: そう思う

5.2. 映像分析結果

映像分析では実験に参加した3人の児童A, B, Cについて作品作成に費やした時間のうち、アニメーションに使う画像を描画していた時間(描画時間)、アニメーションを動かす為にタイルを動かすなどの作業をしていた時間(作業時間)、そして席を立つなどアニメーション製作が停止していた時間(停止時間)の3つに分け、それぞれ計測した。

表3: 前半のアニメーションが完成するまでの作業時間

	描画	作業	停止	合計
A	3:01	13:23	3:17	19:41
B	11:01	8:49	0:52	20:42
C	3:23	9:16	0:48	13:27
平均	5:48	10:29	1:39	17:58

表4: 後半の全体の作業時間

	描画	作業	停止	合計
A	10:12	5:26	7:18	22:58
B	11:49	8:22	1:03	21:14
C	7:19	6:17	6:48	20:24
平均	9:48	6:41	5:03	21:31

上記の表3は前半の製作を開始してからアニメーションが実際に動き出すまでの時間である。また、後半については撮影した3名全員が時間内にアニメ

ーションを動かすことが出来なかったため表4では後半の製作を開始してから製作時間終了までの時間で測定している。

これらの結果より、前半よりも後半の方が描画に多く時間がかかり、また作業が停止している時間も長いことがわかる。これは後半の作業になると児童の集中力が切れ、おちついて作品を作ることが出来なくなってしまっていることを示している。映像内においても児童が歩き回る様子がよく観察されるようになっている。

6. 今回の反省・今後の展望

6.1. 今回の実験における問題点・対策

今回の実験においては結果としてあまり芳しい内容ではなく、正確なデータを得るためには今回の反省を踏まえた再実験が必要である。

以降、その再実験のための本実験における問題点の提示、およびそれに対する対策について、実験方法、授業内容、カリキュラム、プロジェクトモーブ自体についてそれぞれ示す。

6.1.1. 実験方法について

まず、実験に際して行ったグループ分けであるが、これは生徒それぞれの Squeak 経験にあわせて分割したのであるが、グループ内の友人関係、あるいは性別などについては全く考慮していなかったため、片方のグループに女子が集中してしまい、そのグループにおいては女子児童同士で助け合うなどしていたものの、別のグループの女子はグループ内で孤立する事態となってしまった。また、ビデオ撮影に関しては対象となる児童の後ろにビデオカメラを設置し児童と画面の両方を写す形をとったが、ビデオに気をとられた児童の作業効率が低下したほか、画面がよく映っていなかったため細かい作業がわかりづらくなってしまった。また、アンケート内容についても「~に比べて」というような比較表現ではなく漠然と「解りやすかったか」といった質問内容にしてしまったため、回答基準に個人差がついてしまった可能性が高い。

以上より、今後同じ実験を行うにあたってはグループ間のユーザレベルのみならず、性別、クラスなど人間関係も加味した配分を行わなくてはならないこと、またビデオ撮影に関しては子供の目に付かないようにカメラの位置を変える、子供とは別にディスプレイのみを撮影するようにするなどもう少し工夫をすべきである。またアンケートについても質問

文について比較表現を積極的に用いるようにするなど細心の注意を払う。

6.1.2. 授業内容について

今回の実験においては自由創作の課題としてアニメーション以外にも様々な必要と思われる要素を設定して作らせた。しかし、その要素の組み合わせ方がわからない児童が多く、結果時間内に作品を完成させることができた児童は誰もいなかった。

これらの観察結果より、対象となる児童に対して、課題のレベルが高すぎたと考えられる。今後はモーフのドラッグ&ドロップの単純な操作だけでも作品を完成させることのできるような課題にするなどレベル調整を慎重に行う必要がある。

6.1.3. カリキュラムについて

今回の実験では初日を操作方法の学習にあて、2日目を自由創作にわりあてたが、ある程度の操作を知っているという前提においても時間的にかなりの問題があり、詰め込み的に新・旧両方のアニメーション手法を教えてしまったため、混乱する生徒が出た。

これを踏まえ、次回は最低でも3回分の時間をとり基本的な操作方法とアニメーションの従来の手法、新しい手法をきちんと教えることにしている。

6.1.4. プロジェクタモーフ自体について

今回の実験において使用したプロジェクタモーフについても実験後多くの問題点が指摘された。

このモーフではアニメーション全体の仕組みを映写機に例え、それに沿ったシンボルを用いることで直感的な理解を助けようとしていたが、児童の年齢が低い場合そもそも映写機自体が何であるかわからない児童が多く、あまりその意味を成していなかった。また、このモーフを作成した時点においては「ユーザ(=児童)が作成したモーフを再利用する」というコンセプトに基づいていたため、アニメーションを作成するに当たって最適なタイルを揃えてはならず、効率化の手助けをするには機能的に問題があった。

これを解決するために、次回の実験で用いるにあたっては、低年齢児童でも理解できるようなシンボルの割り当てを考え、また現在の「わかりやすい環境を指導者が提供する」というシステムのコンセプトに則り、アニメーション作成に最適なタイルを検討する。

6.2. 今後の展望について

上記のような反省を踏まえた上で、前回と同じ小学校において再実験を行う予定である。また、それ以降に関しては以下のように実験計画を立てている。

- ・まとめられた操作を閲覧させる機能の実装、およびそれを用いた自主的学習に関する評価実験の実施
- ・複数のモーフやタイルをパッケージングするシステムの設計および非開発者でも容易に扱えるUIの検討(特にまとめられた操作を閲覧する機能)
- ・新システムを最大限に生かすカリキュラムの提案
- ・低年齢児童対象の教育システム用いた授業における評価手法の検討

7. 謝辞

本研究を行うにあたり、活動を支援していただき、評価実験のためのワークショップの場を提供していただいた京都市教育委員会、および京都市立高倉小学校の先生方に深く感謝いたします。

8. 参考文献

- [1] Mark J. Guzdial, Kimberly M. Rose: "Squeak 入門", エスアイビー・アクセス, 2003
- [2] 杉浦 学, 松澤 芳昭, 大岩 元: "Squeak を利用した"ものづくり"プロジェクトによる[生きる力]の育成", 情報処理学会研究報告, Vol. 2003 No. 123 (2003-CE-72), pp. 101-107, 2003.
- [3] 並木 美太郎, 長 慎也: "Squeak と Smalltalk を用いた高度 IT 人材育成のための IT スクールの実施報告", 情報処理学会研究報告, Vol. 2005 No. 123 (2005-CE-82), pp. 61-68, 2005.
- [4] 上野山 智, 吉正 健太郎, 高田 秀志: "SqueakToys を活用した授業の実践と「総合的な学習の時間」への適応", 情報処理学会研究報告, Vol. 2004 No. 68 (2004-CE-75), pp. 33-40, 2004.
- [5] Takashi Yamamiya: "Meta-Toys Workshop and Environment with Squeak". C5 2005: 21-26, 2005
- [6] 軽野 宏樹, 木實 新一, 上林 弥彦: "ALAN-K プロジェクト: Squeak を活用した創造的な情報教育の試み", 情報処理学会研究報告, Vol. 2003 No. 49 (2003-CE-69), pp. 1-8, 2003.