

# 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

上野山 智† 吉正 健太郎† 高田 秀志†

† 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻

**概要：**近い将来に訪れると考えられている知識社会で重要な役割を担う子どもたちの創造性教育は、現代社会の大きな課題である。我々は、京都市教育委員会の協力の下、子どもたちの「自ら考え、学ぶ力」を育成するために、京都市の小学校にて SqueakToys という子ども向けのプログラミング環境を利用し、課外授業を行ってきた。本論文では、我々の行っているワークショップの実践について報告し、ワークショップを通して得られた知見より「総合的な学習の時間」に適したカリキュラムについて議論を行う。

## Practice of Classes with SqueakToys and Application to “The Period of Integrated Study”

Satoshi Uenoyama † Kentaro Yoshimasa † Hideyuki Takada †

† Department of Social Informatics, Graduate School of Informatics, Kyoto University

**Abstract :** It is a big problem to foster creativity of children who will play an important role in the coming knowledge society. We are developing creativity education environment and holding workshops utilizing SqueakToys for elementary schools in Kyoto City, under supports of Kyoto City Board of Education. In this paper, we report our practice of workshops and discuss a curriculum for “the period of integrated study” based on our knowledge acquired through the workshops.

### 1 はじめに

21 世紀に予想されている大きな社会変革に産業構造の変化があり、今後、知識産業従事者が大幅に増加すると考えられている。このような社会において知識を生み出すのはあくまでも人間で

あり、一人一人の能力をいかに発揮させ活用するかが重要な社会的課題である。特に将来の知識社会で中心的な役割を担う子どもたちに対する教育の重要性は非常に高い。

このような社会背景の中、子どもたちの「生き

る力」の育成のため、総合的な学習の時間という新しい教科が生まれた。この時間は各学校が独自に授業を構成する。情報技術はより高度な教育の展開をもたらすが、授業内容に自由度がある総合的な学習の時間は、特に情報技術が貢献できる役割は大きいであろう。

我々は、京都市教育委員会と連携し、子どもたちが将来知識社会で生きていくために必要な創造性を情報技術によって育成支援できないかと考えている。子どもたちの創造性育成についてはこれまでもさまざまな取り組みが行われているが、我々は、Alan Kay らのグループの考える教育思想に基づき、創造性の基盤となる論理的思考力の獲得や数学的・科学的概念の理解を支援する教育の実現を目指している。この教育の実現に当たっては、小学生でもコンピュータ上のプログラミングを機能的なタイルを組み合わせることで行える SqueakToys と呼ばれるソフトウェアを利用する。

本論文では、我々の行っている小学生を対象とした SqueakToys ワークショップの実践について報告する。そして、ワークショップを通して得られた知見より総合的な学習の時間に適したカリキュラムについて議論を行う。

本論文の構成は、以下の通りである。まず、第2章では、SqueakToys の概要とそれによる授業実践について述べる。次に第3章では、総合的な学習の時間に適応したカリキュラムについて議論を行い、開発したカリキュラム例を示す。第4章で、そのカリキュラムの評価について議論を行う。最後に第5章にて、まとめと今後の計画について述べる。

## 2 SqueakToys による授業の実践

本章ではまず SqueakToys の概要を説明し、我々のプロジェクトである ALAN-K プロジェクトの実践について述べる。

### 2.1 SqueakToys の概要

Squeak[1] は Smalltalk-80 を発展させたオブ

ジェクト指向プログラミング環境である。Squeak は、Windows、Macintosh、Linux など様々な OS のへの対応、オープンソースによる開発と保守、様々なメディアへの対応性などの特徴を持っている。Squeak を用いることにより、Web ブラウザや Web サーバ、3 次元画像や音声合成などの多彩な機能を統一されたプラットフォームで実現することが可能である。また、Squeak は、Smalltalk と同様に Morphic フレームワークを含んでいる。Morphic フレームワークとは、視覚化を前提とした特殊なオブジェクト「Morph」を、GUI を通して操作することができるような GUI フレームワークのことである。たとえば、描画系ソフトで描いた矩形の位置、大きさ、縦横比、線の太さ、色、塗りつぶしの様子を GUI はもちろん、別の場所で記述したコードからも制御できる。

SqueakToys は、Morphic フレームワーク上に実装されたタイルスク립ティングと呼ばれる機能を提供することにより、子どもでも容易に計算機上のプログラミングを行えることを可能にしたツールである。SqueakToys では、オブジェクトの生成や操作、オブジェクトへのスクリプトの記述などを分かりやすいインターフェースで提供している。図 1 は、SqueakToys におけるオブジェクト描画ツールであり、子どもたちでも容易に習得が可能な設計がされている。

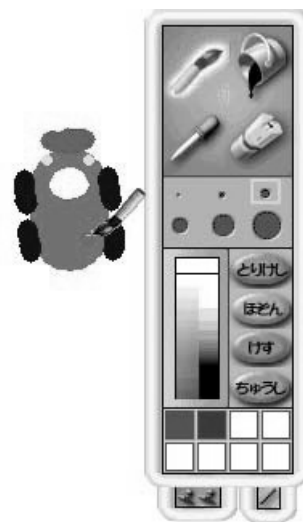


図 1: SqueakToys のオブジェクト描画ツール

また図 2 は、描画オブジェクトの挙動を記述するためのタイルスクリプトの画面であり、「進める」「回す」などの動作や「マウスの下にあるか」などの条件を表すタイルをドラッグ&ドロップにより組み合わせて任意の操作が行うことができる。その他、コレクションオブジェクトの概念を用いたアニメーションの表示や音声の合成なども行うことが可能である。



図 2: SqueakToys のタイルスクリプティング機能

上記に記したように SqueakToys は、文字プログラムによる記述がほとんど必要ない。そのため、プログラミングの知識がない大人や子どもでもタイルを組み合わせるによりプログラミングを行うことができる。

## 2.2 教育現場における SqueakToys

SqueakToys の上記の特徴は他の GUI プログラミング言語にもあてはまるが、多くの GUI 言語はある特定の機能に特化している。例えば[2]では、ゲームを作成することに特化しており、ある特定の教育を行うことには適しているが、拡張性に乏しい。SqueakToys はすべてが Morph で構成されているため、拡張性が高く、さまざまな範囲の教育を行うことができると考えられる。

教育現場での SqueakToys の利用例として、「車の運転」プロジェクト(図 3)がある[3]。これは、子どもたち自らが車の絵を描き、その車を実

際のハンドルで操作する感覚で自由に動かす仕組みや、決められた道を自動的に車が動くような仕組みを SqueakToys で子どもたちに表現してもらうものである。これにより、子どもたちは、車の動作を論理的に分析し、その現象を構築することで、論理的に考える力を養うことができる。このほかにも、おたまじゃくしが自由に動く仕組みを SqueakToys で表現することで、乱数や場合分けの概念を養うことを目的としたものもある(図 4)。このように教育現場で SqueakToys を使い、様々な動作を表現していくことにより、考える力を養うことができる。

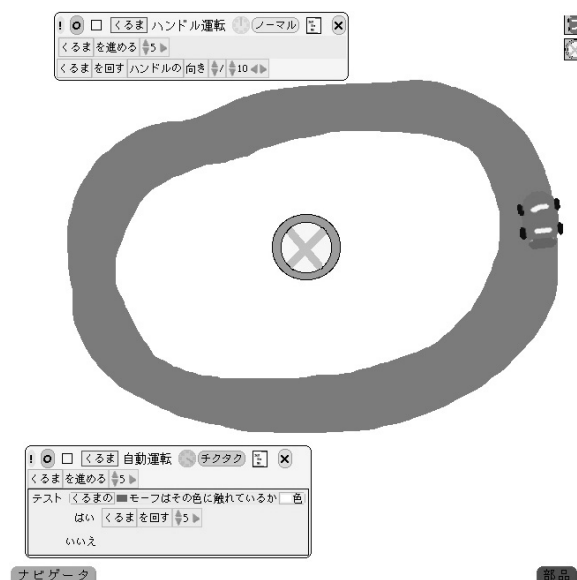


図 3: 「車の運転」プロジェクト

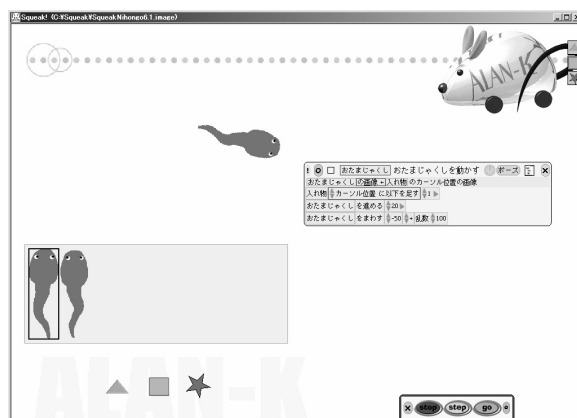


図 4: 「おたまじゃくし」プロジェクト

## 2.3 ALAN-K プロジェクト

我々は、この SqueakToys を利用したカリキュラムの開発と実践を、京都市教育委員会の協力の下、ALAN-K (Advanced LeArning Network in Kyoto) プロジェクトとして 2002 年度より行っている[4]。本プロジェクトでは、現在、京都市の2校の小学校にて、それぞれ課外授業を2週間に一度5、6年生を対象に行っている。



図 5: ワークショップ風景

課外授業では、我々が用意したいいくつかのカリキュラムを子どもたちに実際に体験してもらうことで、タイルを使ったプログラミングを通じて論理的に考える力を習得させることを目的としている。我々は、はじめにコンピュータに対する基礎的な知識や概念を教えることに重点をおき、その後、徐々に数学的な概念と科学的な概念を教えるカリキュラムの実践を行っている。これにより、算数や理科などの従来の教科の知識を利用させ、理解を深めさせることを目的としている。その後、カリキュラムで子どもたちが学習目標として設定されている概念の理解度を計るため、自由作成の時間を設けた。

実践を通じて、この課外授業が正規の授業に貢献できる点は大きいと考えている。さらに正規の授業に取り入れるにあたっては、総合的な学習の時間が適していると考えている。

正規の授業で行うにあたっては、学習目的と教え方を明確に示すことが必要である。また、総合的な学習の時間に適したカリキュラムの開発も行っていくことが必要である。このカリキュラム開発の一環として、京都大学の全学共通科目を利

用したカリキュラム開発も行っている[5]。

## 3 総合的な学習の時間に適したカリキュラム開発

本章ではまず、総合的な学習の時間について述べる。そして、総合的な学習の時間にあつた SqueakToys のカリキュラムについて議論を行う。

### 3.1 総合的な学習の時間

教育現場では、現在、科学技術への興味の低下や学力低下の問題といったさまざまな問題に直面している。文部科学省は、この現状を打破するため、2002年度の学習指導要領の改訂において下記の2点を目的とする「総合的な学習の時間」を設けた。

1. 自ら課題を見つけ、自ら学び、自ら考える力の育成を目指す時間
2. 従来の教科をまたがるような課題に関する学習を行える時間

この時間は、従来の教科のように文部科学省が授業のカリキュラムを準備するものではない。各学校は独自で学習目標を考え、学校の特色を生かした授業を行っていかなければならない。しかし、学校側は、自ら学習目標を設定し、授業を行うという経験がほとんどなく、この時間に何を、どのように教えていけばよいのかということに試行錯誤している。

その中で各学校では、工夫をこらした授業を試みている。例えば、ある学校では、インターネットを利用してその地域について調査し、その調査結果をホームページ上で公開するような授業を行っている[6]。この授業では情報活用能力および自ら課題を解決する能力の育成を目的としている。この学校のように、総合的な学習の時間に情報技術が貢献できる点は大きいと考え、利用している学校は多い。しかし、いずれもインターネットやアプリケーションなどの使い方を教えるだけで留まっているところが多く、情報技術が独自に持つプログラミングの機能を活用した授業が行われている学校は少ない。

### 3.2 SqueakToys による総合的な学習の時間に適したカリキュラム

我々は総合的な学習の時間にあつたカリキュラムとは「学習目標」と「教材」から構成されるものと定義する。

学習目標とは、カリキュラムを通して子どもたちがどのような力の獲得を目指すかを示すものである。この学習目標は従来の教科である算数や理科といった教科に対応していることが重要である。ゆえに、我々は学習目標をこれら従来の教科における学習指導要領の内容に対応させることにする。対応する教科は対象となる学年より高次の内容でもかまわない。数学的概念や科学的概念といったものは、このような高次の学習内容の概念に触れることで獲得できると考えられるからである。

教材とは、カリキュラムを授業で行うために必要な素材を指す。教材は Squeak のプロジェクトだけではなく、授業を行うために必要な環境や、Squeak のプロジェクトをどのように使って授業を行うかという、指導書や教科書といったものも対象となる。本ワークショップでは、Swiki による共同作業スペースの提供[7] や「すくすくスクイーク」(図 6) という教科書を作成している。



図 6: すくすくスクイーク

我々は、総合的な学習の時間に適したカリキュラムの開発を行う上で次の要件を満たしている必要があると考えている。

- 子どもたちに考える場を提供できるカリキュラム
- 現場の意見を反映させ、自由に改善を行えるカリキュラム
- 従来の教科と結びつけることができるカリキュラム
- 学校周辺の自然環境や地域特性といった学校の特徴を生かすことのできるカリキュラム

SqueakToys を使った授業は、以上の要件を満たすことができると考えている。具体的には、プログラミング言語の知識がなくともプログラミングを行うことができることを可能にしていることにより、プログラミングを容易に授業に取り入れることができ、子どもたちに考える場を提供することができる。また、タイルプログラミング機能により、教師の考えを反映させたカリキュラムを自由に作ったり、それを改善したりすることができる。さらに 2.3 でも述べたように、SqueakToys のカリキュラムでは、既存の科目を使ったカリキュラムを扱うことができ、科目を横断した授業を行うことができる。すなわち、自然現象を数式により表現したりすることにより、数学的概念、科学的概念を習得できるカリキュラムの開発を行うことができる。

### 3.3 カリキュラム例～はてなボックス

本節では 2004 年度のワークショップにて実施する「はてなボックス」を紹介する。

はてなボックスは、ある関数の処理系であり、入力に対して、その関数に従い、出力するものである。

このカリキュラムでは、コンピュータの仕組みを知ることと、子どもたちの計算に関する考え方をより高度にすることなどを目標とする。具体的には、

- プログラミングでの関数の考え方
- 四則演算の法則と特徴
- 0 の特徴
- 順列

などの数学的概念や情報知識の獲得を目指している。

例えば、図 7 における「はてなボックス」は左から「3 を足す」、「4 をかける」、「5 をかけて 1 をひく」(図 8) という処理が行われる。これら 3 つの「はてなボックス」に対して、左から 1 を入れた場合に、どの順にするともっとも大きな(もしくは小さな)数字に変化するかを問題としている。この問題の中では、「掛け算」と「足し算」の違いや、順列に対する数学的概念の獲得を目指している。

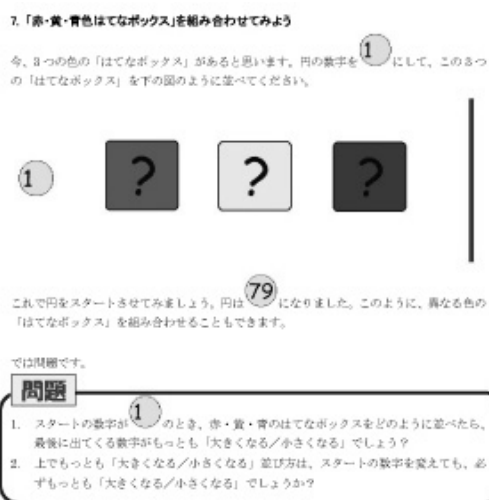


図 7: はてなボックス



図 8: 青色はてなボックスのルールスクリプト

## 4 カリキュラム評価

本章では、総合的な時間にあつたカリキュラムをどのように評価していくかについて議論を行う。

### 4.1 カリキュラムの評価観点

カリキュラムを評価するにあたり、以下の 3 点に着目する。

1. カリキュラムが総合的な学習の時間に合っているか

総合的な学習の時間への適合度評価

2. 子どもたちがカリキュラムを通して数学的概念や科学的な概念といったものを獲得したか

学習目標達成度評価

3. 教師によるカリキュラムを実施するにあたっての評価

教師視点による評価

上記の観点別に、以下で議論を行う。そして、これらの評価について、子どもたちの操作ログの利用の可能性について議論する。

### 4.2 総合的な学習の時間への適合度評価

総合的な学習の時間にカリキュラムが合っているかどうかは、以下の 2 点について評価を行う必要がある。

- 従来の教科に対応しているか
- 各学校の特色・教師の意見が反映されているか。

まず、従来の教科への対応度は、カリキュラムの学習目標が明確に従来の教科の学習指導要領に対応付けできているかで判断する。その方法として、自由記述形式で書かれた学習目標のうち、従来の教科の学習指導要領の内容へ対応付けできた割合を調査する予定である。次に、各学校の特色や教師の意見の反映度については、カリキュラムにどのくらい拡張性があるかを評価することで、教師の意見の反映可能性を評価する。そのためには、ある実施したカリキュラムについて、自分が授業を行うならどのようなことを加えたり、修正したりしたいかについてアンケートを行ったり、実際に教師に自分の意見を加えたカリキュラムで授業を行ってもらったりする予定である。

### 4.3 学習目標達成度評価

学習目標で目指す数学的概念や科学的概念、論理的思考力といったものを子どもたちがどの程

度獲得したかについて評価することで、カリキュラムを評価することも考えている。

この評価のひとつの方法として、子どもたちにカリキュラムに対応した学習目標についてのテストを行い測定する方法が考えられる。この方法では、授業を実施する事前・事後にテストを行って評価することが考えられる。しかし、授業を行えば子どもたちになんらかの変化があることは当然のことである。さらに特に初等教育の段階では、子どもたちはあらゆるところから知識を吸収するため、当該授業が与えた影響を判断するのは難しい。ゆえに、事前・事後の比較に加えて、授業を受けたかどうか、子どもたちを参加群・統制群に分けて評価を行う必要性が高いと考えられる。しかし、義務教育現場の枠組みでは子どもたちを参加群・統制群に分けて授業を行うことは不可能に近い状況である。

また、学習目標で目指す、数学的概念や科学的概念の獲得について、子どもたちがどのくらい獲得できたのか、どのようなテストを用い、どのような形で測定するかという問題も残る。

上記の理由の通り、事前・事後のテストの実施から、学習目標達成度を評価することは多くの問題点を抱える。したがって、さまざまな知能テストなどを調査するとともに、ポートフォリオによる評価など、さまざまな評価手法を組み合わせることを現在検討している。

#### 4.4 教師視点による評価

実際の教育現場において、教師が授業できないカリキュラムはよいカリキュラムとはいえない。例えば、我々が昨年度実施したワークショップでは1クラス20名程度の子どもたちであったが、3名程度配置したインストラクターだけでは個々の子どもに対して対応しきれないことも多々あった。これではまだ正課の授業内で実践を行うことは難しいと考えられる。したがって、教師視点での評価も非常に重要である。この教師視点の評価は、

- 教師によるカリキュラム理解度
- 授業計画実行度
- 教材の教師支援度

などが考えられる。例えば教師によるカリキュラム理解度を測る指標として、子どもたちの成績を教師が適切に判断できたかなどが考えられる。これらの観点について教師にアンケートを行う予定である。

#### 4.5 操作ログの活用

Squeak を通しての子どもたちの活動は操作ログとして保存することができる[8]。操作ログは、スクリプトを作成した際に記録される。この操作ログをカリキュラムの評価を行う指標のひとつとして、有効に活用できると考えている。

例えば、

- 操作ログを参考にし、教師が子どもたちの作品の製作過程をどの程度把握できていたか評価する
  - カリキュラム目標を達成するスクリプトを組んだ時間から、カリキュラムの難易度や、授業計画実行度を評価する
  - 操作ログをみることで、子どもたちの思考の変化を評価する
- などが考えられる。

#### 5 おわりに

本論文では、SqueakToys を利用した授業実践を報告し、総合的な学習の時間におけるカリキュラム開発とその評価について議論を行った。今後の計画としては、ワークショップを通してカリキュラムの開発およびその評価法を確立させ、総合的な学習の時間への導入を達成したいと考えている。

#### 謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学研究費基盤研究(A)(2)「高水準ウェブデータウェアハウスとそれを基準とする教育システムの研究開発」、および21世紀COEプログラム「知識社会基盤構築のた

めの情報学拠点形成」による支援を受けている。また、本研究の遂行にあたり、ワークショップの開催等にご協力頂いた京都市教育委員会情報化推進総合センター、京都市立小学校 2 校に対し、この場を借りて感謝の意を表す。

#### 参考文献

- [1] Dan Ingalls, Ted Kaehlei, John Maloney, Scott Wallace, and Alan Kay: Back to the Future: The Story of Squeak, A Practical Smalltalk Written in Itself, Proc. of ACM OOPSLA '97, pp.318 (1997)
- [2] 豆乳システム:  
<http://tonyu.kake.info.waseda.ac.jp/>
- [3] B.J. Allen-Conn and Kim Rose: Powerful Ideas in the Classroom, Using Squeak to Enhance Math and Science Learning, Viewpoints Research Institute (2003)
- [4] Shin'ichi Konomi and Hiroki Karuno: Initial Experiences of ALAN-K: An Advanced LeArning Network in Kyoto, International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing(C5 2003), pp. 96-103 (2003)
- [5] Kentaro Yoshimasa, Yoshiki Ohshima, and Kim Rose: Developing Squeak-based Curricula through a Collaborative "TIDE" Course at Kyoto University and UCLA, Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5 2004), (2004, To appear)
- [6] 特色ある教育活動の展開のための実践実例集 「総合的な学習の時間」の学習活動の展開(中学校・高等学校編), 文部省 (1999)
- [7] Hiroki Karuno: Practical Learning Environment Using Squeak and Swiki for Improvement of Academic Ability at Elementary Schools, 京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻, 修士論文, (2004)
- [8] Tetsuo Ogino, Hideyuki Takada, and Yahiko Kambayashi: Visualizations and Analyses of Elementary School Students' Actions on Squeak Environments, Second International Conference on Creating, Connecting and Collaborating through Computing (C5 2004), (2004, To appear)