

## 現実世界との関連を意識した Squeak カリキュラムの開発

白井 康雄<sup>1</sup> 竹村 顕大朗<sup>1</sup> 上善 恒雄<sup>1,2</sup> 高田 秀志<sup>3</sup>

<sup>1</sup>京都大学大学院情報学研究科

<sup>2</sup>大阪電気通信大学総合情報学部

<sup>3</sup>立命館大学情報理工学部

**概要:** Squeak eToys は、小学生でも直感的にプログラミングを行うことができる環境として注目されてきており、近年、Squeak を利用した教育の実践例が増えてきている。我々も京都市内の2つの小学校を中心として Squeak を利用した授業実践を行ってきた。本稿では、それらの実践経験から得られたいくつかの知見や、Squeak の授業導入に関心を持つ教師らを対象としたアンケートの結果を踏まえ、今後の Squeak 教育のあり方として、コンピュータ内外の活動を関連させたカリキュラム作りについて提案する。またその一例として、時計を題材に、自然現象を観察する能力や身の回りのものの仕組みに対する興味・関心を養うことを目指した、“時計の再発明”カリキュラムを紹介し、その実践結果についても報告する。

## Development of Squeak-based Curricula Associated with the Real World

Yasuo SHIRAI<sup>1</sup> Kentaro TAKEMURA<sup>1</sup> Tsuneo JOZEN<sup>1,2</sup> Hideyuki TAKADA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Informatics, Kyoto University

<sup>2</sup>Faculty of Information Science and Arts, Osaka Electro-Communication University

<sup>3</sup>College of Information Science and Engineering, Ritsumeikan University

**Abstract:** Squeak eToys is an easy-to-learn environment that allows even elementary school students to create their own projects intuitively through programming. Recently, the number of educational activities using Squeak has been increased. And we have practiced Squeak-based workshops at two elementary schools in Kyoto. In this paper, based on such experiences and responses to our questionnaire for teachers who are interested in introducing Squeak to their classes, we propose a new design of Squeak-based curricula that include two aspects of activities with and without computers. In addition, as an example of such kind of curricula, we introduce “Reinvention of the Clock” curriculum aiming for the acquisition of scientific thinking process and interest in the mechanism of industrial products, and report the workshop using this curriculum.

### 1. はじめに

近年の急速な情報技術の発展とともに、コンピュータの教育分野への利用が促進されつつある。コンピュータは絵や音楽、文字情報などを自在に表現できるメディアとしての側面を持つと同時に、それらをプログラミングによって動的に操作することができるという特長がある。Squeak などのソフトウェアを利用した教

育では、このような性質を活かし、子どもにプログラミングを通じたものづくりをさせることで、論理的な考え方や問題解決能力の育成を目指している。

本稿では、Squeak を利用した授業実践の経験から得られた知見をもとに、コンピュータ内外の活動を関連させたカリキュラムのデザインについて提案する。

## 2. 研究の背景

### 2.1 Squeak について

Squeak [1] は、オブジェクト指向言語である Smalltalk で記述された仮想計算機環境であり、Mac, Windows, Linux などの多様なプラットフォームで動作する、オープンソースソフトウェアとして開発が進められている。この Squeak には “Squeak eToys” または “SqueakToys” と呼ばれる、グラフィカルなプログラミング環境が備わっており、ユーザは自分の描いた絵に命令の “タイル” をドラッグして組み合わせることで、比較的容易にプログラミングを行うことができる (図1)。このタイルプログラミング環境は従来のタイピングベースのプログラミング環境と異なり、

- ・ 綴りの間違いや記号の抜けなどの文法エラーが存在しない。
- ・ 使用できる命令が “タイル” として可視化されているため、記憶の負担が少ない。

などの利点がある。その他にも、各スクリプトは標準で並列実行されるため、簡単なゲームやシミュレーションの作成に適する、スクリプトを実行しながら命令タイルを入れ替えて動的に挙動を修正することが可能である。英語や日本語をはじめとした多くの言語でのプログラミングが可能、グラフィックが多用されているため、子どもや初心者でも親しみやすい、などの特長がある。そのため、プログラミング初心者、特に小学生向けの情報教育環境として注目されてきている。以下、Squeak eToys 環境を単に Squeak と呼ぶ。

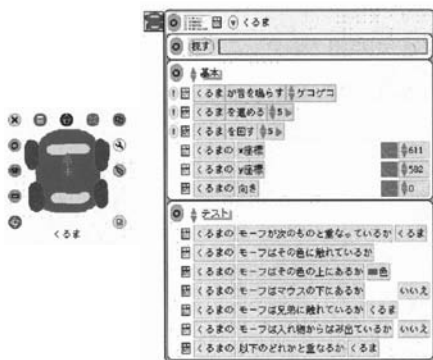


図1 Squeak の画面

Fig 1 A Screenshot of Squeak

日本でも、近年、Squeakを使った情報教育実践例が増えてきている。我々も京都市教育委員会の協力の下、2003年より、ALAN-Kプロジェクト (Advanced Learning Network in Kyoto Project) [2]の一環として、主に京都市内2つの小学校を活動の場として、ワークショップという形態でSqueakを使った授業実践を行い、数学・科学の初歩的な概念の獲得や、問題解決能力の育成を目的としたカリキュラムを開発してきた [3]。

### 2.2 実践から得られた知見

#### 2.2.1 現実世界との関連を意識したカリキュラムの必要性

Squeak を利用した教育の目標の一つとして、“初歩的な科学概念の習得”がある。様々な自然現象をモデル化し、Squeakのスクリプトとして表現し、動かしながら改良していくことで、複雑な現象を支配する法則について理解を深めることができると考えられている。

しかしその一方で、現状の実践例はアニメーション作りを主体とした、Squeak 上での作業のみで完結してしまうものが多いように思われる。

アニメーション作りは子どもが熱中しやすい題材であり、よく使われている。また、動物の動きや自然現象などを Squeak で表現する際にアニメーションを利用することには、プログラムとして実現しづらい部分を隠蔽できるという大きな利点がある。その一方で、児童の思い込みがそのまま反映されてしまうため、物理法則に反した作品を作ってしまうことにもなる。

これを防ぐためには、現実世界で起こる現象の十分な観察や、コンピュータ上でのシミュレーション結果と現実の事象との比較の過程をカリキュラムに盛り込むことが非常に重要だと考えられる。これを欠けば Squeak を用いた科学教育が“楽しいゲーム作り”のようなもので終わってしまい、目的とする科学的概念の獲得に到達できない危険性があると考えられる。

また、現象を観察し、その現象を説明する仮説を構築し、実験やシミュレーションによって仮説の妥当性を検証した後、仮説を修正する、という科学的な方法論に少しでも触れることは、科学的なものの見方を教育する上で非常に重要であると考え (図2)。

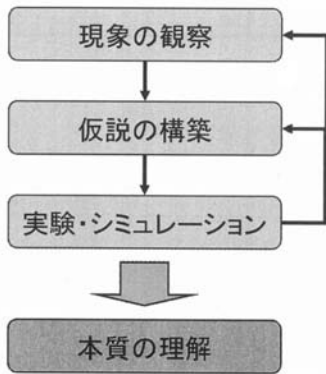


図2 科学的な思考プロセス

Fig.2 Scientific Thinking Process

### 2.2.2 教師としての経験の不足

また、ワークショップ実践における大きな反省点として、我々の教師としての経験不足が挙げられる。児童の意図する機能を手続き（プログラム）として表現したり、エラーに対処したりといった技術的な部分には習熟しているものの、授業を成立させるために必要な様々な要素、たとえば

- ・ 学習目標の設定
- ・ 適切な難易度の設定
- ・ 時間配分
- ・ 評価の方法
- ・ 児童の興味・関心を喚起し、集中力を持続させる手法

などのあらゆる面で、現場の先生方と比較して、ノウハウ不足を感じた場面が多く見られた。

しかしこれらは、Squeakに限らず、新たな教育支援ソフトウェアを利用して教師以外の人間が授業を行う際に共通する問題だとも考えられる。

### 2.3 教師向け支援の必要性

一方、今後 Squeak を使った学習が実際に小学校の教育現場に導入されていくためには、その利点・欠点を理解すると同時に、十分な指導スキルを備えた教師たちの協力が必要不可欠だと考えられる。

Squeak を使った学習はその性質上、子ども達一人ひとりが与えられた課題に沿いながらも、自由な発想で作品づくりをしていく。そのため、子ども達が行き詰まる箇所も様々であり、十人十色の疑問が生じるのが常であり、これらの質問に対応できる十分な数と質を備えた教師の支援が必要不可欠である。実際、我々がこれまで行ってきたワークショップでは、小学5・6年生20人程度に対して、3~4人の教師が指導するという形態をとることが多かった。これより少ない人数では、子どもの質問に対応しきれず、質問待ちに飽きた子どもが学習の集中力を欠いてしまう場面も多く見られた。

しかし、我々がこれまで見てきた限りでは、Squeak を使って教えることのできる教員は、どの小学校でも非常に限られており、情報技術に詳しい一部の教員に負担が集中しているというのが実情のようである。

そこで我々は、現場へ Squeak を導入することにより関心が高いと思われる層を対象とし、Squeak を利用していくにあたり、教師がどのような事柄を障害と感じているか、より具体的に明らかにするため、アンケート調査を試みた。

#### 2.3.1 教師向けアンケートの実施

本アンケートは、京都市教育委員会情報化推進総合センターによって平成15~17年度に実施された、「教育情報化講座・スクイーク体験」の受講者全員を対象とする、追跡調査とした。これらの教師は Squeak の授業への導入により高い関心があると考えられ、より詳しく現場の生の声を聞くことができると考えたためである。結果、全58名の講座受講者のうち、26名から回答を得た。

また内容は、普段の職場や家庭でのコンピュータの利用経験、Squeak を使った授業等の実施または検討の経験、Squeak を使った学習に期待するメリット、Squeak を授業に導入していく際に障害となる事項などについて問うものであった。

寄せられた回答では、Squeak を授業やクラブ活動に導入しようとしたが、実施に至らなかった理由として、「コンピュータや Squeak についての技術的な理解が十分ではなかった」「Squeak を使うメリットが不明だった」などの意見が目立っていた。

また、Squeak を導入する際に予想される障害としては、「教える側のソフト使用法についての理解」「指導者の技量と目的意識」「関心・意欲・態度を維持できる指導者のスキル」「教える人数」「経験者が少ない」など、教師の技術や人数が問題となつた回答が多く見られた。他に、「Squeak の利点について全職員で共通認識を持つのが難しい」などの意見や、「時間の確保が難しい」「必要な台数のコンピュータが準備できない」「ソフトウェアのインストールに手間がかかる」といった、情報教育一般に共通すると思われる問題についての声も多く聞かれた。

### 2.3.2 アンケートの結果から

これらの回答で寄せられた意見を大別すると、Squeak を授業へ導入する際、以下のような要素が必要となると考えられる。

- 1) 教師としての指導能力。これは、学習目標の設定や授業案作りなど、学習の具体的な方向性を決定し、実際に授業時間内に子ども達を適切に指導していく能力である。これらは情報機器を利用しない従来の教育でも同様に必要とされている能力と考えられ、情報教育の場でも変わらない。
- 2) 情報教育環境の整備。十分な性能を備えたPCやソフトウェアが利用可能であることは必要条件である。
- 3) Squeak 自体に対する十分な理解。Squeak を使った学習の性質を知ると同時に、操作方法やエラーへの対処などの技術的な事柄についてもある程度習熟している必要がある。

これらの中で特に 3) に分類される問題として、Squeak を使った授業をデザインする以前の段階で、操作方法などの技術的な部分に障害を感じているといった声が多く聞かれた。

しかし一方で、調査結果では、回答者のほぼ全員が学校や家庭において、書類の作成やインターネットを使った調べ物などで日常的にPCを使っていると答えており、情報機器を扱う能力に問題があるとは感じられなかった。

これに関して、問題を切り分け、教師がSqueakに感じる技術的ハードルを乗り越えるための支援が必要だと考える。その支援としては、教師が参考にしやすいひな型となる豊富なカリキュラム例や、児童から頻繁に尋ねられる質問に対する回答集の提供などが考えられるが、本稿ではカリキュラムの設計という観点から、教師の支援について考察する。

## 3. 現実世界との関連を意識したカリキュラム

以上では、科学的な思考法を教えるためには現実世界との比較が必要であることや、我々の教師としての経験不足および教師が技術的な側面に障害を感じていることについて述べた。

そこで本稿では、これらの問題に対して、コンピュータ上で作品製作を行うのみならず、コンピュータ外での活動と関連させたカリキュラムの設計について提案する。

### 3.1 カリキュラムの分類

コンピュータ内外の活動を関連させたカリキュラムを大まかに分類すると、以下のような要素が含まれる。

#### 1) シミュレーション

物理的な現象の観察、現象を説明する仮説の構築、実験による検証、仮説の修正といった科学的手法の体験により、科学的なものの見方を身につける。ただし、児童が自ら観察した現象をモデリングすることは困難な場合が多いため、教師による適切な導きが必要である。

#### 2) CAD (Computer-Aided Design)

コンピュータ内で設計を行うことで、実際に作ればコストがかかるものを、無数に試作することが可能となる。抽象化の程度も自由であるため、複雑な機構であっても中身を隠蔽して利用することができる。実際に物作りのプロセスを体験することで、問題解決能力や工学的な視点が身に付くことが期待される。また、美術的な側面もある。

#### 3) 外部デバイスの制御

ロボットや車などをコンピュータから操作することにより、プログラミングした結果が実感しやすいという利点がある。また児童も、興味を持って取り組みやすい。

#### 4) センサによる計測

各種センサを用いてコンピュータ外部の現象を計測、数値化する。その値はコンピュータで視覚化することができる。また、入力値の変化を利用した、対話的な作品の製作が可能となる。

Squeak を利用したこのようなカリキュラムや教材の例としては、物体の落下をビデオ撮影し、その映像をSqueak内で解析することで重力や加速度の概念を学ぶ“Gravity”カリキュラム[4]や、様々な種類のセンサからの入力をSqueak内で数値として参照できる“世界聴診器”[5]などの取り組みがある。

### 3.2 カリキュラムの組み立て

コンピュータ内外の活動を関連させたカリキュラムでは、以下の3種類の学習効果が期待される(図3)。

- 1) コンピュータ上で行う活動から得られる効果
- 2) コンピュータ外で行う活動から得られる効果
- 3) コンピュータ上の活動とコンピュータ外の活動を同時に行ったときに得られる効果

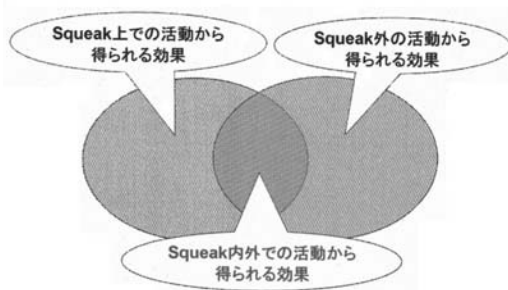


図3 学習効果の分類  
Fig.3 A Classification of Learning Effects

中でも、特に③の部分にコンピュータ内外の活動を同時に行う意義があるため、この部分の学習効果をより高めるようなカリキュラムの組み立てを行うことが重要である。

また、このような視点から、以上の3つそれぞれに対して学習目標や評価方法の設定を行うことで、見通しの良いカリキュラム設計ができると考えられる。

### 3.3 メリット

要約すると、コンピュータ内外の活動を一つのカリキュラムに含めることには、以下のような利点があると考えられる。

#### 3.3.1 児童にとってのメリット

シミュレーションを行なう場合、現実世界の事象とコンピュータ上の作品を比較することにより、より正確に現実を反映したモデル化を行うことができると考えられ、現象の本質の理解をより深めることができることが期待される。逆に、コンピュータ上で設計を行うCADの場合は、その作品を実際に現実で組み立ててやることで、コンピュータ上での抽象化によって隠されてしまっていた問題点が明らかとなるため、現実には必ず存在する誤差の概念などをより深く実感することができる。

#### 3.3.2 教師にとってのメリット

このようなカリキュラムでは、コンピュータ外とコンピュータ内の活動を切り離して考えられるため、技術的な問題が絡む部分を限定することができる。コンピュータ上での活動のみを主としたカリキュラムを設計・実施するのは、情報技術に自信のない教師には敷居が高いと考えられるため、そのような教師たちが今後授業にSqueakを導入していくためには、コンピュータを使った活動を限定したカリキュラムが有効性を持つと思われる。コンピュータを積極的に活用する部分でのみ、情報技術に精通した他の教師の協力を仰ぎたい。

## 4. 考案したカリキュラムの例

以上で述べた、コンピュータ内外の活動を含んだカリキュラムの例として、“時計の再発明”カリキュラムを紹介する

### 4.1 “時計の再発明”カリキュラムのコンセプト

“時間”は現代社会において最も重要な概念の一つであり、小学生といえども時間を気にかけながら、日常生活を行っている。このカリキュラムで題材とするのは、そんな“時間”を測定するための道具である“時計”である。

人類は歴史的に、より正確な時間を知るため、様々な方式の時計を考案してきた。その原理に着目すると、燃焼や天体の動きを利用した原始的なものから、近年の水晶の発振現象を利用したクォーツ時計に至るまで、様々な物理現象が利用されている。一方で、時計は装飾具やインテリアとしての一面も持ち、多彩なデザインのものが作られている。

本カリキュラムは、そのような時計の持つ多様性に着目し、子ども達が普段何気なく使っている“時計”という装置を歴史的・工学的視点から見つめなおし、自分で独自に時計を“発明”してみることにより、初等的な科学的思考法や問題解決能力の育成を目指したものである。

今回は対象が小学生ということもあり、前述した科学的思考のプロセスのうちでも特に、物理現象の観察のフェーズに限定してカリキュラムを設計した。

### 4.2 学習目標

本カリキュラムでは、以下のような学習目標の達成を目指した。

- ① 時計の動力として様々な物理現象の特徴を考察することによる、観察能力の育成
- ② 誤差や精度の概念の直感的な理解
- ③ スクリプト作成を通じた、条件分岐などのプログラミングの基礎となる概念の理解
- ④ オリジナルの時計を作ることによる、デザイン能力の育成
- ⑤ “時間を測定する”という一つの課題に対して、多様な解決法が存在するという事実の実感
- ⑥ 身の回りの道具には、多くの人々による様々な工夫や改良が歴史的に加えられてきたということを学び、“者の仕組み”に対する興味を育成

以上の学習目標のうち、重なる部分はあるが、①②がコンピュータ外の活動によって達成されるもの、③④がコンピュータを使うことで達成されるもの、そして⑤⑥がそれらを同時に行うことでより効果的に達成されるとと思われる学習目標として捉えることができる。

### 4.3 カリキュラムの対象

Squeak を使って各自で独自の作品を作る過程が含まれるため、Squeak プログラミングにある程度習熟していることが必要である。後述する実施例では、小学4～6年生を対象として、前もって90分の授業を2回行って、基本操作やプログラミングをある程度学んだのち、本カリキュラムを実施した。

### 4.4 授業の進行案

- 1) 子ども達に、既存の時計やストップウォッチを使わずに時間を測定する方法を考えさせる。燃焼や水の落下、天体の動きなどが時計の原理として利用可能であることを発見させる。
- 2) それらの原理に対して、どのような長所と短所があるか考察させる。可能ならばストップウォッチなどを用いて、それらがどの程度正確に利用できるのか実感させる。
- 3) 一つまたは複数の原理を選び、それを応用した時計を考えさせる。考察した短所を補う方法についても考慮させる。
- 4) Squeak を使ってプログラミングを行い、考察した時計を実装する。
- 5) 作った時計の発表会を行い、他人の作品との比較を行わせる。
- 6) まとめとして、近年どのような原理の時計が使われているか教える。また、実用的な時計を作る難しさについて確認する。

### 5. カリキュラムの実施

前章で述べた“時計の再発明”カリキュラムについて、その効果や問題点を具体化するため、実際に小学校でワークショップを行った。以下ではその具体的な内容と実施結果について述べる。

#### 5.1 実施概要

- ・ 場所：京都市立高倉小学校
- ・ 期間：2006年11月9日、16日、30日の3回
- ・ 対象：小学4～6年生 18名
- ・ 時間：各90分（15:00～16:30）

#### 5.2 実施内容

##### 1日目（11月9日）

今回参加した児童には、Squeak 未経験者と経験者が混在していたため、初歩からの解説が必要と判断し、1日目はSqueakの基本的な操作についての授業を行った。

具体的には、ペイントツールを使った絵の描き方など、Squeakの基本操作を説明したのち、Squeakの基本的なカリキュラムの一つである“くるまの運転”カリキュラムを教えた。これは、児童が描いた自動車の絵に、絵を前進・回転させる命令タイルを結びつけることで、車を動かすというものである。さらに、ハンドルの絵を追加し、ハンドルの向きと車の回転角を連動させることで、車を自由に曲がれ

るようにしてみせ、複数のオブジェクトを連動させる方法を教えた。

##### 2日目（11月16日）

マウスが触れているかどうかで絵が変わる2コマからなるアニメーションを題材として、“テスト”タイル（IF文に相当）の使い方について触れた。

##### 3日目（11月30日）

以上2回の授業を準備として、3日目に本題である“時計の再発明”カリキュラムを実施した。授業の進行としては、基本的に前述のカリキュラム案の通りであったが、時間的な制約もあり、内容は一部限られたものとなった。以下に具体的な進行内容を示す。

- ① 身の回りで様々な種類の時計が使われていることを認識させるため、どのようなものがあるか考察させた（問題1）。
- ② 児童の答えを聞きながら、腕時計・目覚まし時計・キッチンタイマー・ストップウォッチ・砂時計・メトロノームなど、用途に応じた様々な時計が使われていることを指摘した。
- ③ 砂時計の原理を例に、時計を使わずに時間を知るための方法を考えさせた（問題2）。
- ④ 児童の答えを聞いた後、日時計・水時計・振り子時計などを紹介した。砂時計と振り子については実物を見せた。また、天体の動きや植物の変化なども広い意味で時計となりうることに触れた。
- ⑤ 砂時計の場合は決まった長さの時間しか計れない、ひっくり返す必要があるなどの短所があることを指摘し、太陽の動き・物の燃焼・脈拍を時計の原理として使った場合の問題点を考察させた（問題3）。
- ⑥ 答え合わせとして、それぞれの原理の正確性・安全性・可用性などについて指摘した。
- ⑦ 以上の考察を踏まえて、スクイーク内で時計を製作する課題を出した。その際、見た目よりも仕組みや動きを工夫すること、考察した原理の欠点を補うこと、これまでに学習したプログラミングの要素を盛り込むこと、の3点を強調した。
- ⑧ 製作に入る前に、用意した作品例を見せた。一つは、「アサガオ時計」という作品で、アサガオ・ヒルガオ・ヨルガオがそれぞれ朝・昼・夕方に開花することによって時間帯が分かるというものである（図4）。2日目に作った2コマアニメーションのスク립トを利用している。また、水滴がたまっていくことで時間が分かるという水時計の例を見せた。
- ⑨ Squeak 上での作業に入る前に、作るうとして「時計の設計図」を書かせた。中心となる原理、原理の欠点を補う工夫を記述させた上で、製作する時計の構想を絵と文章で書かせた。
- ⑩ Squeak 上で実際に作品製作を行った。

なお、時間配分については、90分の授業のうち、時計の原理の考察(①～⑥)に30分、作品例の紹介と設計図の記入に15分(⑦～⑨)、残りの45分をSqueak上での作品製作(⑩)に充てた。

また本来のカリキュラム案では、この後、作品の発表と最新の時計技術の紹介を行う予定であったが、時間の都合で割愛した。



図4 「アサガオ時計」  
Fig. 4 “Japanese Morning Glory Clock”

### 5.3 結果・考察

#### 5.3.1 出題に対する回答

問題1(身の回りの時計の種類)については、各自3～6種類答えられており、一番多かった目覚まし時計・腕時計という回答の他にも、砂時計や日時計の存在に気づいた児童が数名いた。

問題2(時間の測定に利用可能な原理)については、各自1～2種類にとどまった。太陽の動き・振り子・燃焼といった回答の他に、脈拍を思いついた児童もいた。一方で、「自分で数える」「友達に尋ねる」といった答えも出た。

問題3(それぞれの原理の短所の考察)については、太陽が曇りの日には見えないこと(可用性)、家の中でもものを燃やすと危険であること(安全性)、脈拍は運動した後などに変化するため一定ではないこと(精度)などを中心として、予想していた回答がおおむね得られた。

#### 5.3.2 児童が製作した時計の例

18名の児童のうち、2名が植物を使った時計、7名が水時計を製作しており、半数の児童が提示した作品例に強く影響されたと見られる。しかし、植物時計に関しては時間のスケールを四季の移り変わりに拡張したものや、開花ではなく植物の成長を使うなど、仕組みに独自性を打ち出していた。また、水時計についても、ほとんどの児童が見た目を工夫していた。

一方、残りの半数の児童については、作品例にほとんど影響を受けることなく、独自の時計を考案していた。例としては、

- ・ ドレッシング時計(水と油が分離するまでの時間を利用)
- ・ 斜面で玉を転がし、到達するまでの時間を利用する時計(図5)
- ・ 濡れた地面が乾くまでの時間を利用する時計
- ・ 星の動きから時間を知る時計

などがあった。これらの中には、時計として本当に利用できるのか不明なものも多いため、実際に製作してみて、有効性を検証するといったプロセスが今後必要になると思われる。

また、1名のみであるが、太陽の熱を使ってひもを燃焼させるという仕組みを考案した児童がおり、複数の原理を組み合わせようとする努力が見られた。

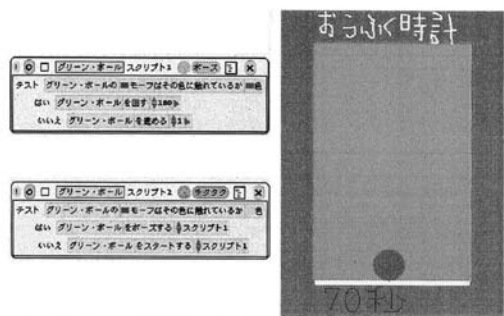


図5 児童の作成した時計の例  
Fig. 5 An Example of A Child's Clock

#### 5.3.3 その他

従来のワークショップでは、ほぼ全ての時間を作品製作にあてていたが、今回は結果的に半分の時間をコンピュータ外の活動にあてることとなった。コンピュータに触れる時間が減少することで、児童が不満に感じるのではないかと予想していたが、意外にも、実際にはそのような不満はまったく聞かれなかった。

#### 5.4 反省と今後の対応

##### 5.4.1 内容について

内容が小学生向けとしてはやや高度であると予想されたため、時計の実現性やメカニズムの詳細については一部度外視したが、そのために製作の自由度が上がりすぎてしまった。製作した時計の評価を行っていくためには、何らかのテーマを設定し、それに沿った製作を行うようにカリキュラムを改良する必要があると思われる。求めるプログラミング能力の水準も高めだったため、より多くの時間を使ってプログラミングの能力を向上させることが必要だったと思われる。

また、今回はコンピュータ外の現象について考察させ、それをコンピュータ内で簡単にモデル化するという流れであったが、製作した時計の問題点や実現性を実感させるためには、再びコンピュータ外の活動を行う必要があると思われる。

##### 5.4.2 授業の進行について

第一に、今回の内容を90分で行うのは厳しいものがあつた。そのため、肝心な作品製作の時間が少なくなつてしまい、構想していた機能を実現できなかった児童が目立つた。意図していた内容を消化するには、今回の倍程度の時間が必要だったように思われる。

第二に、今回は3つの設問や設計図などで児童に記述させる場面が多かつたが、その量がやや多かつたように思われる。小学生の記述能力を考慮した上で、必要最低限の量に抑えるべきであつた。

#### 6. おわりに

本稿では、児童の科学的な思考法を育成するために、コンピュータ外の活動とも関連させた Squeak カリキュラムの開発について提案し、それが教師にとつても Squeak を今後授業へと導入していく際に技術的な要素とそれ以外の要素を切り分ける手段として利用できる可能性について示唆した。また、そのようなカリキュラムの一例として、“時計の再発明”カリキュラムを紹介し、その実践について報告した。

今回の反省を踏まえ、更なるカリキュラムの改良やコンピュータ内外の活動を関連させた他のカリキュラム例の提案、教師を支援するための方法論について研究を進めていく必要があると考えている。

#### 謝辞

本研究を実施するにあたり、活動を支援していただきました多くの方々、特に、各小学校との調整や教師向けアンケート調査の実施で多大なご協力をいただきました京都市教育委員会情報化推進総合センターの皆様、およびワークショップの場を提供していただきました京都市立高倉小学校の先生方には深く感謝致します。

#### 参考文献

- [1] Squeak  
<http://www.squeakland.org/>
- [2] 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
- [3] すくすくスクイーク  
<http://www.squeakland.jp/sqsqsqueak>
- [4] B. J. Allen-Conn, Kim Rose: Powerful Ideas in the Classroom, Using Squeak to Enhance Math and Science Learning, Viewpoints Research Institute (2003)
- [5] Adventures with World-Stethoscope  
<http://wikis.ddo.jp/WorldStethoscope/2>
- [6] Kentaro Yoshimasa, Hideyuki Takada and Tetsuro Sakai: Development of an Education Model to Enhance Mathematics and Science Learning through Creation with Squeak eToy, Proc. of ED-MEDIA 2005, pp. 408-416 (2005)