

## 「教具」としての Squeak eToys とその小学校算数教育への適用

稲垣 卓弥<sup>†1</sup> 阿部 和広<sup>†2</sup>  
山崎 謙介<sup>†1</sup> 横川 耕二<sup>†3</sup>

近年, Squeak eToys は論理的な思考と問題解決能力を育むことを目的とした教育に用いられてきた。子どもが直感的にプログラミングを学ぶことができる Squeak eToys は, 多くのワークショップや教育現場などで利用され, 全国的な広がりを見せている。しかし, Squeak eToys を学校教育の教科の単元に導入するには教員にもある程度のプログラミング技術が要求される。そこで, 本研究ではスク립ティング不要で簡単に作れる「教具」としての Squeak eToys の使い方を提案する。

キーワード: Squeak eToys, 教具, 構成主義, モンテッソーリ教育法, 算数教育

### Squeak eToys as a teaching tool and its application to the arithmetic education in elementary school

TAKUYA INAGAKI,<sup>†1</sup> KAZUHIRO ABE,<sup>†2</sup> KENSUKE YAMAZAKI<sup>†1</sup>  
and KOJI YOKOKAWA <sup>†3</sup>

In recent years, Squeak eToys has been used for education aimed at bringing up logical thinking skill and problem solving. The Squeak eToys by which children can learn programming is used in many workshops of educational fields. It requires, however, school teacher programming skills to introduce Squeak eToys into subject of the school education. In this paper, we suggest the Squeak eToys as a teaching tool may give a more effective environment than ever.

**Keyword:** Squeak eToys, Teaching tool, Constructivism, Montessori method, Arithmetic education

#### 1. はじめに

近年, 情報技術の発達によりコンピュータの性能の向上やインターネットの普及が進み, 学校教育においてもコンピュータを利用した教育の事例が増えつつある。平成 10 年の学校教育法施行規則の一部改正と小学校学習指導要領の改訂において創設され, 平成 14 年度より本格的に実施された「総合的な学習の時間」では, (1) 自ら学び, 自ら考える力の育成 (2) 学び方や調べ方を身に付けることをねらいとして自然体験やボランティア活動, ものづくりやコンピュータを活用した情報教育などといった様々な試みが小学校ごとに実践されている。中でも「情報に関する学習」では,

身の回りの様々な情報を適切に処理し, 活用する資質や能力および態度, いわゆる「情報リテラシー」の習得が求められてきた。それに伴い, 情報手段の操作の習得が学習の中心となり, ワードプロセッサでの文章作成やホームページ作成, 電子メールの送信方法やタイピングなどソフトウェアの操作に偏った学習内容に陥りがちであった<sup>1)</sup>。

このような背景により, 近年, プログラミング環境である“Squeak eToys”を用いて「スクリプト言語による動く絵本」や「ゲーム作成」など“ものづくり”を通して創造的かつ論理的な思考と問題解決能力を育むことを目的とした教育方法が注目されてきた。この学習のスタイルは「ものづくりを通して子ども自身が学ぶ」という構成主義的教育理論の考え方に基づくものである。子どもが自由にオブジェクトに対する命令が書かれたタイルを組み合わせて直感的にプログラミングを学ぶことができるオブジェクト指向のプログラミング環境である Squeak eToys は, 多くのワークショップや教育現場などで利用され, 全国的な広がり

<sup>†1</sup> 東京学芸大学  
Tokyo Gakugei University

<sup>†2</sup> サイバー大学  
Cyber University

<sup>†3</sup> エンガワ システムズ  
Yengawa Systems

を見せている。

## 2. Squeak eToys

Squeak eToys はプログラミング未経験者や子どもでも簡単に PC の画面上でマウスやタブレットなどを使って直感的にプログラミングが行える非開発者向けのプログラミング環境である。教育現場においては、「キーボード操作」や「かな入力・ローマ字入力」に慣れていない低学年向けの教材として利用される例も多い。

作品作成の手順としては、最初にペイントツールを用いて Morph(モーフ) と呼ばれるグラフィックオブジェクトを描く。次にモーフに対する「命令」や「条件分岐」などを表わすタイル状のパネルをドラッグ&ドロップしてスクリプトを組む(タイルスクリプティングシステム)。このような手順で簡単にスクリプトを組むことができ、自分で描いた絵を自由に動かすことができる。

その他、タイルを並べるだけなのでプログラムのスペルミスや文法エラーが存在しないということや、スクリプトは単独で動かすだけでなく、モーフの複数のスクリプトを同時に動かすこともできるということが利点として挙げられる。日本では 2002 年 4 月に NHK 教育テレビが「未来への教室 人間とコンピュータの明日」という番組で Squeak eToys を特集して以来、全国で本格的に Squeak eToys への取り組みが始まったといえる<sup>2)</sup>。

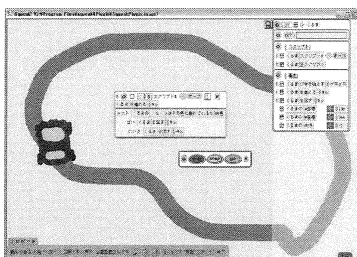


図 1 Squeak eToys

## 3. 研究の目的

近年、Squeak eToys は子ども向けのプログラミング学習や創造的な活動に利用されてきたが、その実践例の多くが実際の学校教育の教科・単元からかけ離れた学習内容である。その結果、Squeak eToys は学校の授業ではあまり利用されず、授業時間とは別の時

間・場所でワークショップ形式での実践が多く、教育現場・教師における認知度も低い。また、授業に Squeak eToys を導入して教員が教材を作る場合、教員自身に Squeak eToys の操作に関する知識やある程度のプログラミング能力が求められる。よって、これを解決するために実際の学校教育の教科・単元に導入が可能であり、スクリプティング不要で教員と子どもの両方が簡単に作れる「教具」としての Squeak eToys の使い方を提案することを本研究の目的とする。

## 4. 構成主義

本研究では構成主義的教育理論に立脚した授業のデザインを提案する。構成主義的な立場をとる教育理論では、教育の専門家としての教師から意図的、または意識的に知識を伝達されなくても、学習者は自分自身で効果的に学ぶことができると考える。その結果、授業の流れを考える際には学習者が行う「学習」自体に着目し、教師はどのように学習者の学習を支援していくかという視点に立って授業を設計する。また、構成主義では学習者の社会における周囲の人との相互作用の重要性も考えられている。特に、ヴィゴツキー (Lev Semenovich Vygotsky) をはじめとする「社会構成主義」の考え方では、学習のプロセスにおいてこ他の学習者との社会的なやりとりが重要であると説明している。ヴィゴツキーは学習者が周りの支援がなくても一人で問題を解決できる水準と、その問題解決の過程に教師や他の学習者の援助が介在した時に達成される発達の水準との間に存在する領域を「発達の最近接領域 (ZPD: Zone of Proximal Development)」と呼び、学習者の発達の可能性を示唆している<sup>3)</sup>。

以上のことから、構成主義的な授業を行う際には次のことに留意する必要があると考えられる<sup>4)</sup>。

- (1) **共同学習が可能な学習環境を整える**  
相互交渉により高い学習効果が期待できる。
- (2) **自分の考えを他の学習者に説明する**  
曖昧だった知識が次第に明確になる。
- (3) **教師の役割を明確にする**  
学習者を適切な支援によってサポートする。

これらの条件を満たせばより構成主義的で学習効果の高い授業内容が期待できる。

## 5. 教具を使ったモンテッソーリ教育法

教具を使った教育方法で世界的な広がりを見せた「モンテッソーリ教育法」では、様々な教具を使った効果的な学習法が発案された。本研究もそれに習い、学習者が教具を使って学習するとき起こる「集中現

象」状態に注目し、学習者をその状態に導くことを目標とする。

最初に「教具」について説明する。「教具」とは、広辞苑第五版によると、“教授・学習を効果的に行うために使用する道具”とある。学校の備品や学習者が学校に持ってきているの物の中で教育効果を上げるために使うものを指し、掛図・標本などのほか、テレビ・ビデオ・パソコンなど授業を視覚的・聴覚的に支援するものが多い。三角定規・コンパス・分度器などもこの分類に入る。また、小学校算数教育においては『時計の模型』や『算数積み木』、『計算カード』など様々な教具が開発され、実際の教育現場でも広く浸透し、長年使用され続けている。一般的に「教材」と「教具」は混同しがちだが、「教具」を使った学習内容や使い方などを含め、その機能全体を「教材」と考えることが通例である。

次に「モンテッソーリ教育法」について説明する。科学者であり医師でもあったマリア・モンテッソーリ女史 (Maria Montessori) が自身の創設した『子どもの家』での教育実践の成果を背景にして確立された教具を使用した教育方法である。子どもの発達の源泉は『子ども自身の内部』にあると考え、子どもの自発性や自己活動を基本とする適切な「環境」と「教具」のもとの五感を使った感覚の訓練が重視された。

「モンテッソーリ教育法」における「集中現象」の発生には次の3つの条件が必要であると考えられている<sup>5)</sup>。

- (1) 自由な「環境」  
子どもが大人に押し付けられることなく自由に「教具」を選べる。
- (2) 相応の「教具」  
教具がそれぞれの子どもの年齢と心理にとって、ふさわしいこと。
- (3) 優秀な「教師」  
控え目に子どもに従い、子どもの目線で物事を観察し、必要に応じて背後から子どもを援助し、子どもの心を十分に理解していること。

このモンテッソーリ教育法の利点と先ほど述べた構成主義的教育理論を掛け合わせて本研究では授業デザインを提案した。

## 6. Drive a car

ここでは Squeak eToys で模範的なデモンストレーションの導入教材として有名なドライビングシミュレータ「Drive a car」を紹介する。この教材は Squeak eToys を初めて使う子どもに対して基本操作や簡単な

プログラミングを学ぶためにほとんどの授業やワークショップで使われることが多い。また、この教材には難易度が違う2つの到達点が設定されており、一つ目は(図2)のような初級のハンドル運転方式である。これは車が走る方向がハンドルの傾きと同調しており、画面上のハンドルを回すことにより車を自由自在な方向に走らせることができる。二つ目は(図3)のような初級よりもステップアップした自動運転方式である。画面に書かれた道の色とを車の前方に着けられた色センサーによる分岐判定を利用し、道を外れたら自動的に車の進む方向が変わり道から外れないように走らせることができる。

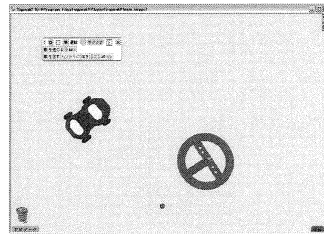


図2 Drive a car(ハンドル運転)

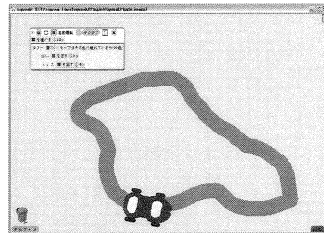


図3 Drive a car(自動運転)

## 7. 先行研究の問題点

今まで Squeak eToys を用いた授業の研究の実践例は多い。上記の「Drive a car」やゲーム作成に数多くの実践事例があるが、この教材を実際に子どもに対して用いると、最初の「車の絵を描く」というステップで子どもの作業のスピードが落ちることに気づく。これは子どもがペイントツールを使うことにより関係のない絵を描いて「遊び始めてしまう」といった例や、「絵にこだわり過ぎて次のステップに移れない」といったことが起こるためである。また低学年においては絵を描いただけで満足して作業を止めてしまったり、マウスを使ってうまく絵が描けず、すぐに飽きてしまう子どもも見受けられる。さらに、実際にスクリプトを

組む段階になると見様見真似でタイルを並べる子どもは多く、いざ自分で何もない状態からスクリプトを組むとなると、自分の頭の中で描いた動作をするスクリプトを組むことが難しいために作業が進まず、飽きて遊んでしまう子どもも多い。また、このような内容の授業ではカリキュラムが細かに定められている実際の学校教育の単元内に組み込むことは難しく、現場の教師のニーズともかけ離れた教材になってしまっている。

## 8. 新手法の提案

従来の Squeak eToys を用いた授業が教育現場に浸透しない原因が、教科・単元における位置づけやその「学習目的」、スクリプトを組むことの難しさ、教える教師側や教わる子ども側への負担にあるのならば、それらの問題を解決するために子どもにも教師にも簡単に使いやすい Squeak eToys の使い方を考えなければならぬ。したがって、本研究では Squeak eToys をスクリプティング不要で教員と子どもの両方が簡単に作れ、論理的な思考を学ぶことができる「教具」として用いて、実際の学校教育の教科の単元に導入できる手法を提案する。本手法は、従来提案されてきた「Drive a car」やゲーム作成、実際の現象のシミュレーションと異なり、子どもにかかる負担、教える教師側の負担も少ない。教員がプログラミングの知識がなくても少ない準備時間と作業量で簡単に Squeak eToys を授業に導入することができる。さらに、子どもが教具に興味を持つために、子ども自身が自分で学習に使う「教具」を自ら Squeak eToys で作るという手法も提案する。また、今回の授業では「座学」を意識して集中力を高めるために従来での PC 教室での授業は行わず、あえて普段学習している教室にノート型 PC を持ち込み授業をすることにした。

## 9. 実践授業

今回は先生方のご厚意により、東京都杉並区立和田小学校で実践授業を正式な授業時間中に行うことができた。同小学校では、毎月の土曜学校における PC 教室や、その他授業における Squeak eToys の活用など今までに様々な実践的な試みがなされている。授業の詳細は次の通りである。また、今回は 4 回の授業で算数の一単元と考え、教具を使った授業がより効果的になるような教材を開発した。特に両学年の第 4 回の授業では、現実世界にある身近なもの（自分の手やペットボトル）を仮想世界の道具で測定するといった手法を用いた。

表 1 実践授業詳細

場所	東京都杉並区立和田小学校
期間	平成 20 年 10 月 14 日～11 月 13 日
授業数	各クラス全 4 回 (45 分×2 コマ連続を 4 週)
時間枠	総合的な学習の時間
授業内容	算数 面積 (5 年生)、体積 (6 年生)
対象	5 年 1 組 (20 名)、5 年 2 組 (21 名)、 6 年 1 組 (25 名)、6 年 2 組 (26 名) 計 92 名
環境	各クラスの教室で一人 1 台ノート型 PC を使用
通信環境	教室内にローカルサーバーを設置
協力	横山 正 先生 (和田小学校前校長)、 日本ヒューレットパッカー (株) HP-スクイーカーズ 他

表 2 授業計画

	5 年生 (面積)	6 年生 (体積)
第 1 回	方眼紙を作ろう	積み木を作ろう
第 2 回	スクイークで測ろう	スクイークで考えよう
第 3 回	面積を求めよう	立体の体積を求めよう
第 4 回	自分の手の面積は?	容器の体積を測ろう
特別授業		球の体積を考えよう

### 9.1 第 1 回目授業

第 1 回目の授業内容を説明する。この授業では 5 年生では面積、6 年生では体積を学習するために使う教具を Squeak eToys を使って自分で作る。また今回の授業では「表 1」に記述した通り、通常教室で授業を行い、一人一台ノート型 PC を使用する (図 4)。また、作業の説明や課題の発表に利用できるように教室の前方には大きなスクリーンを用意した。教師用の PC がローカルサーバーの役割をしており、教室内に設定したアクセスポイントにより、ノート型 PC の無線 LAN 機能で課題の配布・回収が簡単にできる (図 5)。この授業では教具を作るために実際に PC の画面上に定規を当て、1cm の長さを測った (図 6)。

### 9.2 第 2 回目授業 (5 年)

第 2 回目の授業内容を説明する。2 回目以降は前回作った教具を利用して実際に面積・体積の問題を考えていく。授業では以下のような問題を扱った。5 年生の面積では複雑な形の面積をまとめたり (図 8)、「水溜り」のような不定形の面積の求め方も考えた (図 10)。

### 9.3 第 2 回目授業 (6 年)

6 年生の体積では「体積保存」の概念を学ぶための問題 (図 10) や、体積の求め方が何通りも考えられる階段上の面積の問題 (図 13) を行った。

また、この頃になると児童が教具の扱い方にも慣れてきて授業中に「集中現象」が見受けられることが多くなった (図 14)。そして第 2 回目以後、授業の最後には自分の考え方を他の児童に説明するプレゼン





図 4 授業の様子



図 5 児童の作品の表示



図 14 教具を使って考える



図 15 「集中現象」



図 6 定規で測る:1

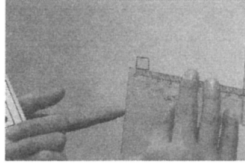


図 7 定規で測る:2



図 16 「5年生の発表」



図 17 「6年生の発表」

るかというものである (図 19).

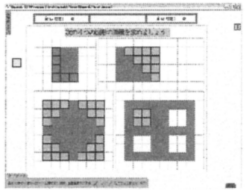


図 8 同じ問題で違う解き方:1

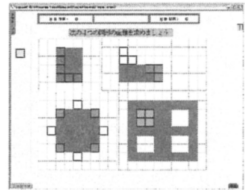


図 9 同じ問題で違う解き方:2

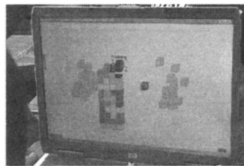


図 18 「6年生の遊び」

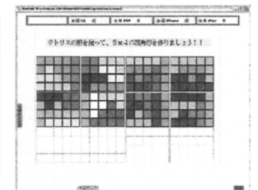


図 19 テトリス問題

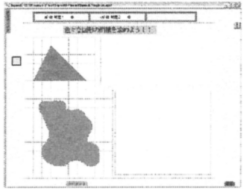


図 10 不定形の求積:問題

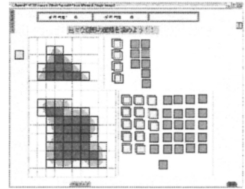


図 11 不定形の求積:考え方

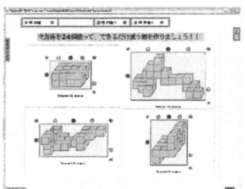


図 12 「体積保存」の問題

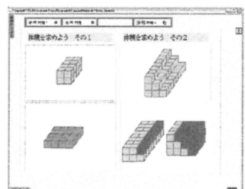


図 13 階段状の立体

テーションも行った (図 16).

#### 9.4 第3回目授業 (5年)

第3回目の授業内容を説明する. 5年生の第3回の授業では「6年生の教具を使った遊び」からヒントを得た「テトリス」を利用した面積の問題を行った. これは面積が  $20\text{cm}^2$  の長方形の中に面積が  $4\text{cm}^2$  のテトリスのパーツを使って何通りのデザインが考えられ

その後, 2クラスある5年生では, 1クラスを通常通り普通の授業形式で, もう一つのクラスをグループワークにして, PC上に映し出された実寸大の「任天堂DS」「PSP」「iPhone」「iPod」の画像(総面積, 画面の大きさ, ボタンの面積など)を測定する課題を出した(図20). 授業を行った結果, グループワークを行ったクラスではグループごとに役割分担や活発に議論が行われたが(図21), 作業の効率や回答率は通常授業のクラスの方が高かった.

#### 9.5 第3回目授業 (6年)

6年生の体積では, 体積における基本的な考え方を定着させるために奥から手前に向かって伸びる立体の問題を出題した. この問題では「底面積が積み重なったものが体積である」という概念を教えるために立体を「輪切り」にして考えることを気づかせ, 底面積の形を積み重ねる練習をした(図23). その結果, この概念を問題なく理解できた児童とあまりよく理解できなかった児童の間に大きな差が開いてしまった. このような問題では, 個人の空間認知能力も学習に大きな影響を及ぼすようである(図24).

その後, 今度は小さなブロックで構成された「円柱」の体積を考える問題を出題した(図25). 「円柱」の求



図 20 グループワーク



図 21 活発な議論

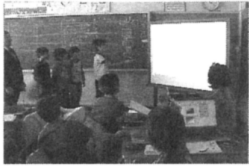


図 22 グループ発表

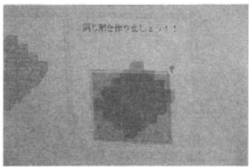


図 23 奥から手前

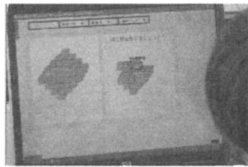


図 24 横に輪切り

積は学習指導要領では小学生の学習範囲ではない。今回は学習の応用として出題した。この問題は、地道に表面積を数えた児童や立体を分割して考えた児童、円周率を用いて概算で答えを出した児童など解答の仕方が多種多様であった。

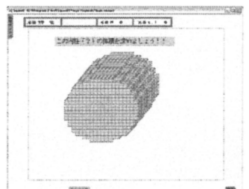


図 25 円柱の求積



図 26 様々な解答

### 9.6 第4回目授業(5年)

第4回目の授業内容を説明する。5年生の面積では今までPC上の物体の面積の測定から離れ、リアル世界の「自分の手」の面積について測定する課題を出した(図28)。ただ、それだけでは児童の動機付けとしては弱いので、「足が大きい人は手も大きい?」という関係性をクラス全員の測定結果を参考に確かめるという課題であった。足の大きさはすぐに確認が可能な上履きのサイズを参考にし、手の面積を測定する際には「トレーシングペーパー上に事前に描いた自分の手形」を、Squeak eToysで今まで使用してきた教具で測定

するという手法をとった。また、一枚のトレーシングペーパーには手形が2パターン(開いた状態の手・閉じた状態の手)が描かれており、それらの面積が一致するか、一致しない場合はどうしてか、ということを考えさせる小テストを授業終了前に行った。児童たちは2回目に問題として出題された水溜りの「不定形」の面積を求める手法を思い出し、自分の手の面積を計測することができた。計測が早く終わり、やることなくってしまった児童に対しては、「自分の手の面積と同じ面積の正方形を作成する」といった課題を出した(図32)。



図 27 トレーシングペーパー

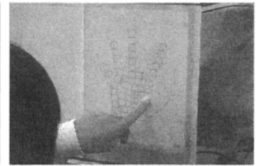


図 28 数をカウント

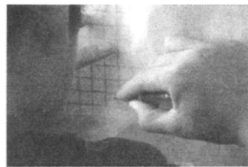


図 29 紙にカウント

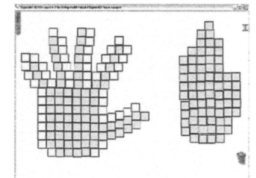


図 30 正方形で形作られた手

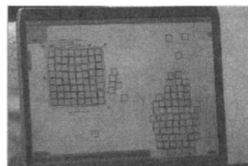


図 31 正方形を設計



図 32 きれいに成形

### 9.7 第4回目授業(6年)

6年生の体積の授業では、自分の測りたい容器の体積(内容量)を測定するという課題を出した(図33)。この授業の意図も、今までPC上の立体の体積の測定から離れ、リアル世界の物体の体積を測定するためにはどのような手法があるかということを考えさせることである。授業の冒頭でクラス全員でどのようにしたら容器の体積が測れるのかを考え、一番使い勝手の良い水の性質を利用した測定を行った。今回の授業ではノートPCと水を近くにするのは危険なので、水を

使った測定は別室にて行った。水を使った測定後、測定した結果や実際に容器を定規で測って計算した結果を基に同じ体積の立体を Squeak eToys 上で再現した(図 34)。この際に容器の底面をトレーシングペーパーに写し、画面上に貼り付けることで効率的に立体を形作っていった。



図 33 容器内を測定



図 34 squeak で再現

### 9.8 特別授業 (6 年)

今回、6年生の第3回目の授業の際に時間が足りなくてカットされた「球」の求積の問題(図 35)を是非とも実施してほしいという要望を受け実現したのが今回の特別授業である。6年生2クラスで行われ、両クラスともこちらで用意した「球」の教材を使い、各クラスの担任が授業を行った。「球」の求積も中学生の内容であり、今回の授業は体積の応用発展問題と言える。この問題も「円柱」の問題同様、画面のブロックを指で数えてなんとか体積を求めようとする児童が多かったが(図 37)、その数の多さと複雑な構造のために数えるのをやめてしまう児童も多かった。この授業後にも自分の考え方を発表する時間が設けられ、様々な考えや斬新なアイデアなどが数多く出た(図 38)。

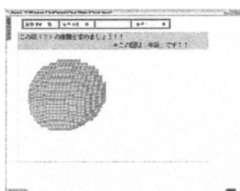


図 35 球の求積



図 36 球の教!! (木製)

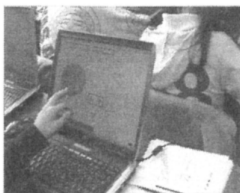


図 37 ブロックを数える



図 38 色々な考え

## 10. まとめと課題

本研究では、「教具」としての Squeak eToys とその小学校算数教育への適用を試みた。従来、適用事例が少なかった小学校算数分野において、実現性の高い本手法は有用な研究成果であると考えられる。また、教具として Squeak eToys を用いることにより、論理的な思考を育む授業や子どもが効果的なプレゼンテーションを行う授業が実現された。しかし、依然、十分な信頼性があるとはいえず、考察すべき問題があり、次にそれを挙げる。1) 今回の教材は、算数の授業の応用としては良いが、内容が難しく、学習の導入段階で使うには改良が必要である。2) 従来の手法に比べると教師側の負担の解消はされているが、実用性のある手法としては、十分でない。3) 今回、現役の先生方の協力を得て学校教育向けに設計はしてあるが、未だに現場の教師のニーズとのズレが多少ある。

## 11. 謝 辞

本研究において、横山正 和田小学校前校長先生、日本ヒューレット・パッカード(株) HP-スクイーカーズの方々には教材開発や授業計画などについてご助言を頂いたり、授業実践に全面的にご協力いただきました。また、杉並区立和田小学校 福田晴一 校長先生、坂上周三 教諭、新宅直人 教諭、三柴祐子 教諭、守田聡美 教諭にはお忙しい中、今回の実践授業のために授業計画を調整して頂いたり、学習指導内容や授業の進め方にご助言を頂き、授業の補助もして頂きました。以上の皆様に心から感謝し、この場で深くお礼を申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 文部科学省,2008,小学校学習指導要領解説-総合的な学習の時間編,東洋館出版社。
- 2) 馮富久(編),2004,先生とパソコン,技術評論社
- 3) 久保田賢一,2006,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。
- 4) Laura E.Berk(著),Adam Winsler(著),田島信元(訳)2001,ヴィゴツキーの新・幼児教育法,北大路書房。
- 5) 前之園幸一郎,2007,マリア・モンテッソーリと現代一子ども・平和・教育一,学苑社。