

公立小学校の課外活動における非専門家による プログラミング教育

原田 康德^{1,a)} 勝沼 奈緒実² 久野 靖³

受付日 2013年10月21日, 採録日 2014年4月4日

概要: 近年, コンピュータプログラミングが小学校教育においても重要な教育テーマと見なされるようになりつつある. わが国においても, 小学生を対象とした多くのプログラミング教育活動があるが, その大半は専門家が教え, 多数のヘルパーがつくものであり, そのまま公立小学校などに導入することは難しい. 本稿では東京都墨田区立緑小学校の課外活動である「みどりっ子クラブ」において, 教育用プログラミング言語「ビスケット」を使用したプログラミング教育の事例について報告している. この活動は, 1人ないし2人の非専門家の地域ボランティアによって, 各回数名~数十名の児童を集めて3年半にわたり実施されているが, 本稿で報告する教え方に関する多様な工夫やそれをサポートするビスケットシステムの工夫のおかげで, うまく機能している. 評価として, 参加児童の数名に対してインタビューを実施した結果, (1) 子どもたちはコンピュータをブラックボックスではなくそのうえで自力で面白いものが作れるようなものだとして認識するようになったこと, (2) プログラミング上のさまざまな「技」を進んで教え合っており, 協同学習がうまく行われていることが示された.

キーワード: プログラミング教育, 非専門家による教育, 協同学習

Programming Education by Non-professional in the Extra-curricular Activities of Public Elementary School

YASUNORI HARADA^{1,a)} NAOMI KATSUNUMA² YASUSHI KUNO³

Received: October 21, 2013, Accepted: April 4, 2014

Abstract: Recently, computer programming is being recognized as an important topic in elementary schools of the next decade. Even in Japan, various activities which teach programming to elementary school children are in progress. However, most of those activities are taught by professionals (of programming education), with support of many assistants; such activities cannot be ported as-is to public schools. In this paper, we introduce our experiences with “Viscuit” educational programming language on Midorikko-club, after-school activities held in Midori elementary school, Sumida-city, Tokyo. The activities, in which ten to several tens of children have attended, are led by small number (one or two) of local non-professional volunteers for more than three years. Thanks to the novel teaching method and supporting functionalities of the Viscuit system, both described in this paper, the activity turned out to be very successful. As an evaluation, we have conducted interviews to some of the attended children, which has shown that (1) children have become to recognize that computers are not the black boxes, but something on which they can create interesting things, and (2) they have become to enjoy teaching various programming techniques each other, thus realizing cooperative learning.

Keywords: programming education, education by non-professional, cooperative learning

¹ NTT コミュニケーション科学基礎研究所
NTT Communication Science Laboratories, Atsugi,
Kanagawa 243-0124, Japan

² みどりっ子クラブ運営委員会
Midorikko-Club Steering Committee, Sumida, Tokyo 130-
0021, Japan

³ 筑波大学経営システム科学専攻
Graduate School of Systems Management, The University of
Tsukuba, Bunkyo, Tokyo, 112-0012, Japan

a) viscuit@gmail.com

1. はじめに

近年、初等中等教育における情報教育・情報技術教育の内容を従来の「PC やソフトウェアの操作方法の教育」から、コンピュータの動作原理やプログラミング重視に転換する動きが、各国で広まっている [1]。わが国においても、政府が 2013 年 6 月に公表した成長戦略の素案 [2] には、義務教育段階からのプログラミング教育について言及している部分が含まれる*1。

特に、年齢が低く柔軟性の高い小学校においてプログラミングに触れる体験を持つことは、児童・生徒の多様な関心や可能性を引き出すうえで有効だと考えられる。実際、そのような実践は複数の個人・団体によって実施されており、その有効性についても言及されている [3], [4], [5]。ただし、文献 [3], [5] に記されている実践では、情報技術の専門家が講師を務めており、複数の専門家ファシリテータによるファシリテーションが行われている（本稿で報告する活動と同様、子ども同士の教え合いも併用されている）*2。したがって、そのような実践をそのまま一般の小学校（特にその大半を占める公立小学校）に導入することは考えにくい。

東京都墨田区立緑小学校での子どもの居場所づくりを目的とする活動「みどりっ子クラブ」は、リクリエーションやスポーツなどさまざまな活動を実施してきたが、その一環として 2010 年からビジュアルプログラミング言語「ビスケット」[6], [7], [8] を用いた活動を行っている。この活動は次のような特徴を持つ。

- (1) 1~2 名の非専門家（地域在住のボランティア）による実施
- (2) 1 年生から 6 年生までの幅広い学年の児童の参画
- (3) アカウントやタイムなど、ビスケットシステムの機能を用いることによる、少ない台数の PC の有効活用や、モラルやマナーにかなったコンピュータの使い方への発展
- (4) 「製作ノート」や「検定」などの工夫によるモチベーションの維持
- (5) 「紙芝居」や子ども同士の教え合いを通じた学び合いと指導者の負担軽減

本稿では、開始以来 3 年半のこれまでの活動の経験とあわせて、上述の特徴・工夫について報告する。また、児童に対する効果についても、少人数のインタビュー調査に基づいて報告している。本稿で述べる経験は、教師や地域の

*1 なお、本稿では「プログラム」は「コンピュータによって自動実行されることを意図した記述ないし表現（絵やその配置を含む）」、「プログラミング」とは「プログラムを構築する活動」を意味するものとする。

*2 TENTO については、文献 [3] だけでは不十分のため直接問い合わせたところ、専門家の講師に加え、数名の職業プログラマー（元プログラマーを含む）がサポートしているとの回答を得た。

ボランティアなど専門家ではない担当者がこのような定常的なプログラミング教育活動を十分に主導し、児童に対するよい効果をもたらしうることを、具体的に示すものである。

2. みどりっ子クラブ

みどりっ子クラブは、緑小学校の PTA の役員が中心となって 2002 年度にスタートした。学校完全週 5 日制が実施され、休日の子どもの居場所作りが求められてのことである。

その後、学校関係者、地域の住民にも理解が広まり、2004 年には、学校・学区内の町内会・保護者が一体となったみどりっ子クラブ運営委員会による事業となる。2007 年、墨田区の放課後子ども教室「いきいきスクール」のモデル校に採択され、本格的な放課後事業を開始した。文化的な催し、リクリエーション、スポーツなどさまざまな活動が取り入れられている。

事業開始以前は児童数が学校の規模の適正値を下回り、かつ減少傾向にあったが、事業開始後児童数は増加に転じ、2008 年度には適正値に到達した（図 1）。反面、児童数が増えたことにより、みどりっ子クラブの活動に使える教室がなくなってしまい、体育館や校庭の混雑の度合いもひどくなり、それらへの対策が必要となった。そこで、2010 年 3 月頃から、それまで使われていなかったパソコン室を利用することとなり、コンピュータの使用経験はあるがプログラミングの経験はない「著者 2」が担当することとなった。

パソコン室は 20 台の児童用デスクトップ PC がインターネットで接続されている。開始当初、全学年から 40 名~60 名の参加希望者が殺到し、中には PC やマウスの操作になれていない児童がいる反面、目を離すと勝手に他のサイトを見に行ったり、関係のないアプリケーションを起動させる、という混乱した状況であった。彼らを集中させるために、単に PC のゲームなどで遊ばせるのではなく、楽しく学べるようなコンテンツを必要とした。

2010 年 3 月、試験的にビジュアルプログラミング言語ビスケットを導入し、その後、ビスケットの開発者である

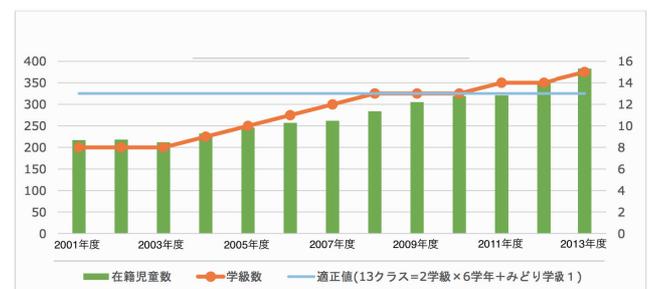


図 1 緑小学校の児童数と学級数の推移

Fig. 1 Trends in the number of classes and children of Midori elementary school.

「著者1」がシステムやツール面で協力することとなった。

3. ビスケット

3.1 ビスケットの概要

ビスケット (Viscuit) は (1) 作成者が描画ツールで1つ以上の絵を描いて画面に配置し, (2) 書き換え規則によってそれらの絵および配置を書き換えて画面が変化するプログラミングシステムである。図 2 に描画ツールの様子を示す。このツールで描かれた絵がビスケットのプログラムの「部品」となる。ここでは三角形を描いている。図 3 はプログラム (右側) とその実行画面 (左側) である。プログラムは「めがね」と呼ばれる書き換え規則で定義されている。めがねに部品を入れることで, 書き換え規則が作られ, 実行画面におかれた部品が書き換えられる。書き換え規則 (a) では, 左の円 (書き換え前) より右の円 (書き換え後) の方が三角形の位置が上にずれているため, この規則が繰り返し適用されることで, 画面内の三角形は矢印のように移動していく。

ビスケットでは, 複数の絵を含んだめがねを用いることで, 複雑な動作を実現できる。たとえば図 3 の (b) のめがねは, 「移動してきた三角形が四角形に刺さると, 四角形が

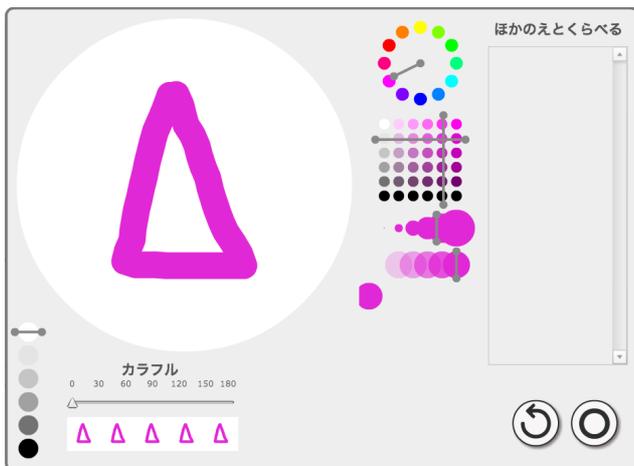


図 2 ビスケットでの描画
Fig. 2 Drawing in Viscuit.

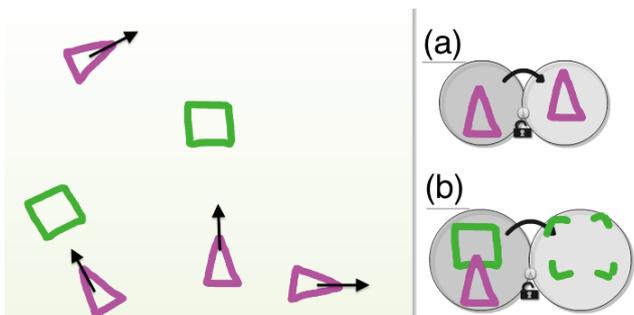


図 3 プログラムと実行画面

Fig. 3 A screenshot of Viscuit programming and execution environment.

分解し, 三角形は消滅する」という動作を表す。この衝突の判定は, めがねの左側の図形の配置に近い配置かどうかで決められる。この曖昧さがビスケットのプログラミング言語としての特徴である。

筆者らの経験では, ビスケットは描画ツールで絵が描ければ使うことができ, 3歳くらいから (クレヨンで絵が描ける程度の技能があれば) 使うことができる。幼児にはマウスの操作は難しいが, ペンタブレットであれば問題ない。ただし作られるプログラムは, 一番単純な「絵がまっすぐ動く」程度のものである。

小学校低学年くらいになると, かなり高度なプログラムも作成できる。図 4 に小学校2年生の女子 (ビスケットの経験1年, 以下学年はすべて制作当時のもの) の作品を示す。各めがねの役割は以下のとおりである。

- (a), (b) 宇宙人が足を開→閉, 閉→開と変化させながら下降してくる (「1秒」はそこで1秒待つ命令)。
- (c), (d) 宇宙人に球が当たると爆発する。
- (e) 宇宙人が花に接触すると花が枯れる。
- (f) 球は上に向かって移動する。
- (g), (h) 砲台は左右矢印ボタンにより左右に動く。
- (i) 砲台は「1」ボタンで球を発射する。

この例のように, 1つ1つの動作は非常に単純であるが, 組み合わせることで複雑な処理が実現できる。

3.2 個人制作とグループ制作

ビスケットでは, 個人ごとに1つのコンピュータで作品を制作するモードと, グループで作品を制作するモード (ビスケットランド) がある。ビスケットランドは制作するテーマを決め, それに合った絵を描いて動かすというもので, 1人1人のプログラミングスキルが目立たないため, まだ慣れていない人でも参加しやすいという利点がある。バラバラのパソコンで作られたものが, 瞬時に1つのスクリーンに集約されるというのは, コンピュータらしい特長でもありとても人気である [9]。図 5 はビスケットランドの画面であるが, それぞれの絵は異なる参加者が描いて動かしたものである。

3.3 ビスケットの実装

ビスケットは, Flash で作られた Web アプリとして動作している。作品は XML としてサーバ上に保存される。ビスケットランドの実装は Web による掲示板と似ている。クライアントで作られた作品はクライアント上で動作を確認したのち, ビスケットの画面上の保存ボタンをユーザが押すことで, サーバに送られ保存される。ビスケットランド用の画面もまた Flash で作られたクライアントで, サーバを定期的に監視し, 新しい作品が保存されたらダウンロードし画面を更新する。

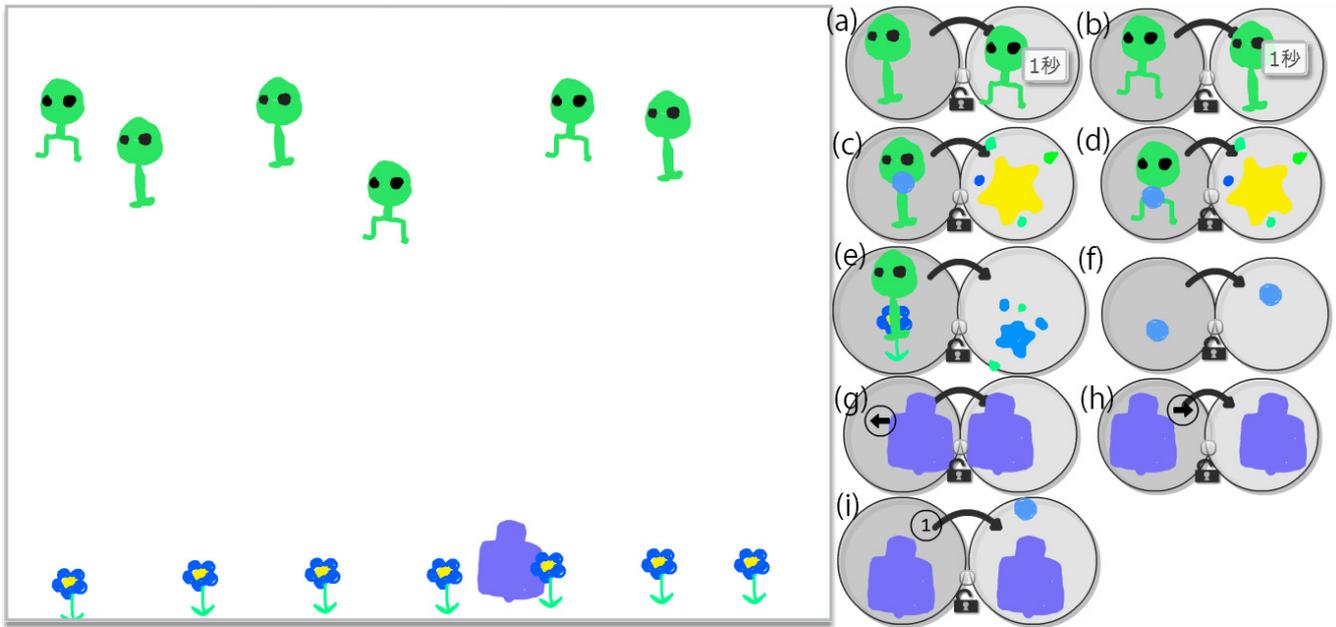


図 4 ゲーム (小 2 女子が 1 年目に制作)

Fig. 4 A game made by a Grade 2 girl (Viscuit experience within a year).



図 5 ビスケットランド (お菓子の国)

Fig. 5 A screenshot of ViscuitLand (theme: a country of sweets).

3.4 Web アプリとしての特徴

Web アプリとして実装されていることで、次のような利点がある。

- (1) クライアントはブラウザと Flash プラグイン (ver.10 以降) さえインストールされていれば動作する。学校などの管理の厳しいコンピュータでは新しくアプリケーションをインストールすることが禁止されることが多く、インストールする必要がないのは利点である。また、システムの管理や更新もサーバ上で行えるので遠隔で管理できる。
- (2) クライアントの挙動をいっせいにコントロールしたり、クライアント間でデータを交換するといった通信

も HTTP を使って Web サーバを経由して行われる。HTTP 以外のプロトコルを使用しないことで、実行環境を選ばない。

- (3) 作品がインターネット上のサーバに保存されることから、制作された作品を集めたり、管理したりするのが簡単である。クライアントの PC に作品が残らないのも管理上の利点である。作品を保存した瞬間に世界に公開していることになる。遠隔地とのコラボレーションなどで作品交換が容易である。
- (4) さまざまなアプリケーションの起動時の設定 (制作環境、保存先のフォルダなど) を URL の引数に組み込んで呼び出せる。その結果、グループウェア的にカスタマイズしたシステムを簡単な Web 技術で構築できる。

3.5 ワークショップの体制

ビスケットはこれまでも単発のワークショップや授業などで非常に数多く実践されている。そこでの標準的な体制は、メインの講師 1 名に加えて、子どもたちが 10 名につき 1 名のサポートスタッフを置いている。ワークショップは短い時間で行われるため、メイン講師は短時間で技術を習得できるような手順で教えられるスキルが必要である。それに対して、サポートスタッフはビスケットの多少の経験もあるが、むしろ機材のトラブルや子どもの突発的な問題に対処できる、IT が多少できる大人が求められている。なお、本稿における非専門家 (著者 2) は、このサポートスタッフに相当するスキルを持っている。

4. みどりっ子クラブにおける経験

4.1 ビスケット活動の目標と経緯

みどりっ子クラブは正規の授業でも単なる遊びでもない学校内の活動である。このことを考慮し、ビスケットの活動において次の目標を置いた。

- (1) コンピュータはブラックボックスではなく、その動きは誰かが作ったものであるということを知る。プログラミングを学ばせることの理由の1つでもあるが、ビスケット開発者がこの活動に身近な存在として関係しているということも活用している。
- (2) 子ども同士の教え合いを促す。定常的に指導するスタッフが不足しているということもあるが、異学年が混在した活動であるということを利用して積極的に利用する。
- (3) コンピュータを利用するうえでのマナーやルールを、講義ではなく、実体験を通じて学ぶ。ビスケットで制作された作品はそのままインターネットに公開されることから、他人に見られても恥ずかしくない作品を意識するなど。

ビスケットの活動を開始したのは前述のとおり 2010 年 3 月であり、それから本稿執筆時点までの間に合計 130 回の活動を実施した（平日放課後以外に休日の活動 19 回を含む）。

図 6 にこれまでの参加人数の推移を示す。初期の頃は不定期開催であったため、ピーク的に参加者が増加する日が見られるが、2011 年に入り定期的（週 1~2 回）に開催できるようになると、（いつでもできるという安心感からか）参加者数は落ち着いてきた。震災後は節電・停電などの影

響で開催数や起動できる PC の台数が激減した時期（2012 年）や、スタッフの事情で開催できない時期（2013 年）もあった。

4.2 協力体制

専門家（著者 1）と非専門家（著者 2）の協力体制について述べる。基本的にはメールで著者 2 からの相談を著者 1 がうけるが、必要に応じて著者 1 やそのアシスタントが現場を見学に行く。新機能の導入やその効果などをみる。という形になっている。表 1 に、この活動における著者 1 と著者 2 の役割分担についてまとめた。

以下に、これまでの活動を通じて行ってきた工夫を、おおむねはじめた時期の順に述べる。この中で、両者の役割分担も明記してある。

4.3 個人単位の活動記録ノート（2010 年 5 月 著者 2）

ビスケットの活動に参加する児童には、制作ノートが 1 冊与えられる。当初は無条件で与えていたが、本人のモチベーションにばらつきがあるため、後に紹介する検定であるレベルを越えた児童にだけ与えられるようになった。

ビスケットでは、操作法を習得してしまえば、適当にルールを並べただけで絵が動くので、安易に作品風のものできてしまう。最初のうちは、そのような偶然できた作品を受け入れるという楽しみ方でも十分であるが、これを繰り返していても、自分の思い通りの作品が作れるようにはならない。そこで、作品を作る前に、自分は何をしたいのかを明確にするために「設計図」を書かせる。設計図を書くことで、絵をどのように動かしたいのかを意識してか

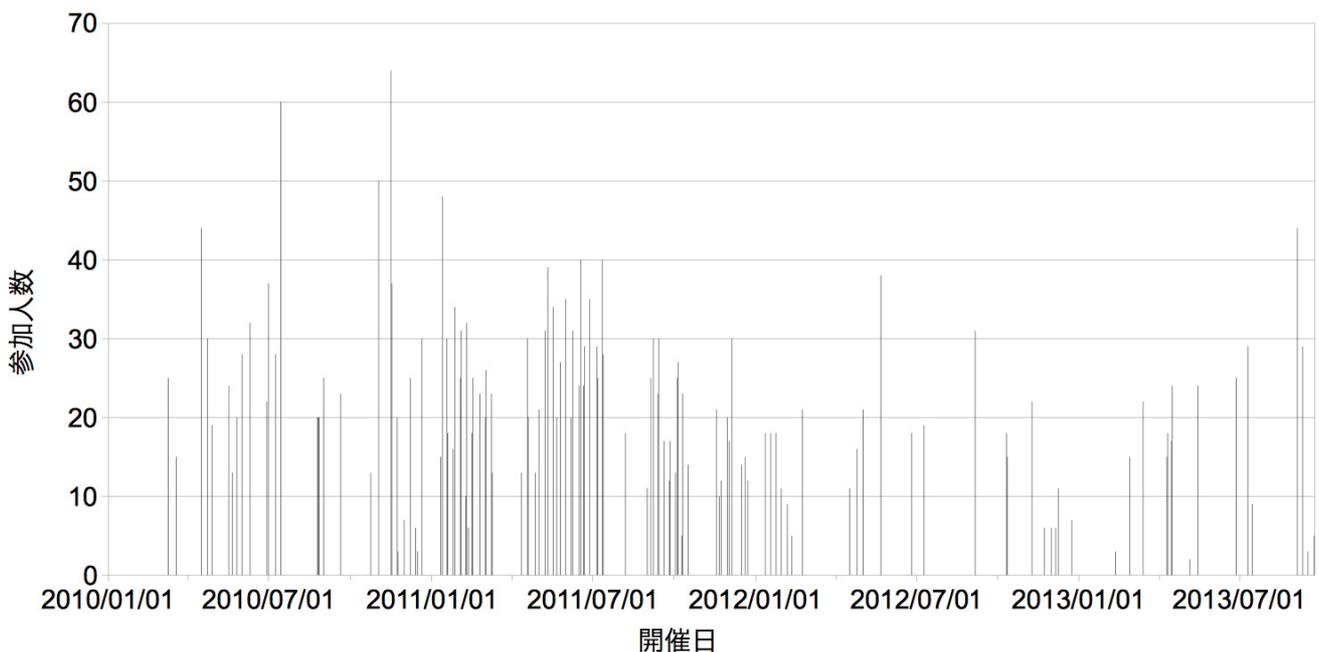


図 6 みどりっ子クラブでのビスケット参加人数の推移

Fig. 6 Trends in the number of participants on Viscuit activity in Midorikko-club.

表 1 著者 1 と著者 2 の役割

Table 1 The role of the author 1 and the author 2.

	専門家 著者 1 (および実験アシスタント)	非専門家 著者 2
役割	著者 2 の質問に答える (サポート) さまざまな機能の追加 技のレベルをデザイン 紙芝居の制作	児童にビスケットの基本的な操作を教える 児童たちの活動を導く, 教え合いを促す 技のレベルを活用したビスケット検定の制度設計 紙芝居の活用



図 7 制作ノート的设计図 (3 年女子 2010/5/21)

Fig. 7 A blueprint on a production note (a Grade 3 girl, 2010/5/21).

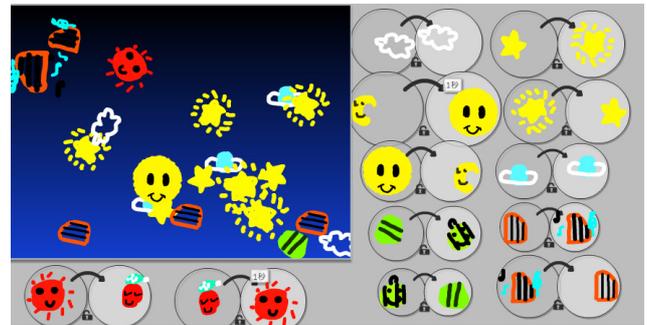


図 8 図 7 の設計図に従って作られた作品

Fig. 8 A work according to the blueprint of Fig. 7.

(強制できる程のスタッフの体制もとれず) 書きたい子だけ書いている。また、ノートは技やアイデアのメモ、スタッフとの交流などにも活用されている。

4.4 ゆるい個人認証機能 (2010 年 8 月)

ビスケットの活動がスタートした最初の 5 か月ほどは、個人で自分の作品を管理することができない、従来からのシステムを利用していた。作品には、2 つのコードがつけられ、自分の作った作品のコードを制作ノートに記入することで管理していた (著者 2)。

一般的なユーザ名+パスワードという管理は低学年には難しすぎるが、個人ごとに作品を管理できるシステムが必要となり、他の用途で使用したシステムをこの活動用に改造し、個人を 7 桁の数字で管理する新しいシステムを導入した (著者 1)。7 桁の数字のうち 2 桁がチェックコードとなっている。適当に数字を入力しても 100 回に一度成功するという緩い ID ではあるが、2, 3 個適当に数字を入れて、エラーメッセージが表示されるのをみて、いたづらをする気を起こさせなくする程度には十分である。同時に、この ID は個人の大切なものであるということも意識させることができる (著者 2)。

この ID によりログインした後は、自分の好きな環境で作品を作ることや、また過去の自分の作品を参照することができる。ID が緩い分だけ、万一のために、削除や作品の上書きは禁止し、追加のみが許されている。3 年半を経過してこのみどりっ子クラブの活動だけで 1 万以上の作品が作られたが、使用しているディスクサイズは 200 MB に満たないので、この方式で問題はない。

ら制作に向かえる。

最初にパソコン室に隣接している学習室で自分の作りたい作品を考え設計図を作る。できた人から順にパソコン室へ移動し制作をする。これは、パソコンを不必要に占有しないために、少ないパソコン台数を有効に利用することにも役立つ。

また、設計図があると制作者の意図がすぐに理解できるので、作ったプログラムが動かないという質問に対して、適切な指導をしやすくもなる。

図 7 は制作ノートに書かれた設計図の一部分で、3 年女子が設計図の書き方を指導されて最初に書いたものである。図 8 はその設計図に従って作られた作品である (著者により見やすくめがねを配置し直している)。設計図とプログラムの抽象度が異なっている点が重要である。設計図では 2 コマで入れ替わるアニメーションは丸 2 つで表現されているが、そのプログラムは 2 つのめがね (丸 4 つ) で作られる。

参加人数が落ち着いてきてからは、設計図の強制はせず

このIDは忘れないように、各自の制作ノートに記入されている。秘密のコードではあるが、見ようと思えば他人のノートを覗き見る程度には見られてしまう。他人のIDでログインをして、成り済まして作品を作ることも可能である。一般的な情報システムの運用としては、システムの不備と考えるべきところである。しかし、小学校での環境ということをふまえ、あえてこの程度のセキュリティにしている（著者2）。

教室では机の引き出しはオープンであり、誰でも他人の私物にいたずらをすることはできる。しかし、このことを問題視して「机の引き出しに鍵をかける」という規則で縛るようなことはしない。それは、自分がやられて嫌なことは他人にもしない、ということによりいたずらをする人はいないからである。万一、いたずらをした人がいても、それは教育上のチャンスととらえられ、すぐに道徳教育に活かされる。もし、教室の誰も信用せずに「必ず鍵をかけなさい」という教育をしていたらどうなるであろうか。道徳よりも、鍵をあける楽しさを追求するものが現れるのではないだろうか。

アカウントを緩い運用をしているのは、同じような考えからである。コンピュータだからといって特別に考える必要はなく、机の引き出しと同じように、自分がやられたら嫌なことは他人にもしないという、当たり前で教えればよいのである。ただし、このような道徳的な教材として機能するためには、この問題にしっかりと対応できる大人が不可欠である。みどりっ子クラブでは子育てを経験した、子どもをきちんと叱ることができる大人がスタッフとして対応しているからできることである（著者2）。

図9は管理者用画面である。これによってそれぞれの日と制作環境ごとに、作られた作品の一覧を見ることが出来る。作品の発表会のためのスライドショーやビスケットランドの画面もここから開くことができる。また、すべての作品をここから編集することができて、公開に適さない作品を削除・修正する（著者2の要望に応じて遠隔で著者1が対応）。

他人の作品をテンプレートにして新しい作品を作るリミックスや、作品に対するコメント、「いいね」といった作

品をリスペクトするといった機能についてはどれも実装していない。こういったもりあげ機能は、ユーザがネット上でのコミュニケーションが問題なく行えるスキルを持ち、共通なリアルの場合よりもネット上での活動がメインの場合に使えるテクニックである。ネット上のコミュニケーションスキルの育成は本活動の範囲外であるため、導入の予定はない。ビスケットでは1つの作品を作ることはそれほど時間がかからないことから、他人の作品を真似たい場合でも、最初から真似て作るという方法を取っており、それが日常になっている。

小学校のスペースを使っでの活動であるということで、ICTリテラシー教育というよりは、小学校での道徳教育の視点での指導をしている。いたずら（他人のIDの盗用や、「XX死ね」といった作品）は、その子と向き合って会話することで本人に納得させてから直させている。たとえば「大勢の人が作品を見るからひどいことを書いたり、喧嘩をしたり、椅子から落ちて怪我をする子が出ると、パソコン室が使えなくなるよ」として注意している。どのような作品が公開に適さないかどうかの基準も道徳の視点である。ビスケットは躰のためのツールといってもよいほどである（著者2）。

4.5 利用者のレベルや制作作品に応じた環境

ビスケットは、プログラム起動時にさまざまな初期状態で開くことができる。初期状態の例として、初心者への混乱をさける為に、上級者向けのアイコンを表示させないようにすることや、簡単に例題を試せるようにあらかじめ絵を用意しておくことなどがある。

図10は児童のアカウントでログインした後の画面（執筆現在）である。ワークショップとして並んでいるボタンがそれぞれ制作環境に対応している。最初からこのように充実していたわけではなく、活動の様子を見ながら徐々に増やして行った。以下に、環境の導入日、これまでに作られた作品数、簡単な説明を述べる。これらは著者2から要望に答える形で著者1が提案・導入した。

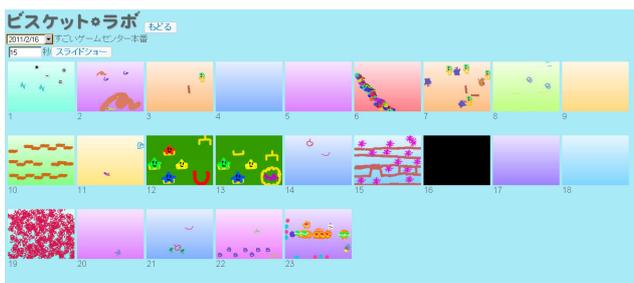


図9 管理者画面

Fig. 9 Administrator screen.



図10 ログイン後の画面

Fig. 10 A screenshot just after login.

- ビスケットのきほん (2010/8/26 導入, 1,059 作品)
入門用で背景が海をテーマにしたビスケットランドになっている。
- ゲームのきほん (2010/8/26 導入, 1,150 作品)
あらかじめ用意された UFO やロケットの絵を使って、ゲームの基本を学ぶための環境。
- すごいゲームセンター (2010/8/26 導入, 2,800 作品)
自分で絵を描いてゲームを作るための環境。
- うごくえほん (2010/8/26 導入, 788 作品, 2,651 ページ)
複数ページによる絵本作品を作るための環境。
- サウンドのきほん (2010/11/23 導入, 258 作品)
リズムマシンを簡単に作れる環境。8 拍をきざむプログラムがあらかじめ用意されている。
- サウンド (2010/11/23 導入, 334 作品)
音楽を簡単に作れる環境。効果音とさまざまな音程の音が用意されている。
- アニメーション (2011/1/11 導入, 191 作品)
コマドリアニメーション用の連続した絵の描画に適した環境。
- ビスケットランドうちゅう (2011/1/11 導入, 507 作品)
背景が宇宙をイメージしたビスケットランド
- ビスケットランドおばけやしき (2011/1/11 導入, 538 作品)
背景がお化け屋敷をイメージしたビスケットランド
- ビスケットランドお菓子の国 (2011/1/11 導入, 493 作品)
背景がお菓子の国をイメージしたビスケットランド
- けいさんき (2011/6/2 導入, 58 作品)
ビスケットで計算する機械をプログラムするための環境。少し難しい。
- ロボット対戦 (2011/9/5 導入, 779 作品)
ワイルドカード属性の部品「あいて」があらかじめ用意されている、ビスケットランド環境。初心者から上級者まで一緒に楽しめる (後述)。

4.6 使用時間制限機能 (2010 年 8 月)

システムでセットした時間 (30 分) が近づくとメッセージを出して、作品を保存して終了する仕組み。もう一度ログインすれば制限時間の最初から使用することができる (著者 1)。

授業終了後のみどりっ子クラブの活動は 2 時間くらいであるが、前半は先に授業が終わる低学年、後半は高学年が中心に参加している。このタイマーによって自然と入れ替えが促され、公平にパソコンを使わせることができるようになった。

このタイマーにはバグがあり、タイムアップ直前に自ら

終了ボタンを押すことで、その後無限に使い続けることができてしまう。これを発見した児童がおり、ときどき利用しているようである。著者 1 がバグの修正を提案するが、著者 2 の運営により修正する必要はなくなっている。混雑していなければ、タイムアップ後にもう一度ログインすればよいだけである。バグのあるなしにかかわらず、誰も見えていないときに再ログインをすれば知られずに継続して使うことができてしまう。バグを利用しているかどうかにかかわらず、使っている時間が長ければ、何か不正をしたであろうことは、隣の子に見つかってしまう。コンピュータの上では悪いことは簡単にでき、その抜け道は悪いことであると認識していれば、それをやるかやらないかは自分次第である。

4.7 「技」の導入と検定制度 (2011 年 3 月)

順調にビスケットの活動が進んで来たように思われたが、児童の中に習熟度にばらつきが感じられるようになってきた。たとえば、制作環境を高度なレベル用のものを使用しているにもかかわらず、基本的なテクニック (まっすぐ横に動かすなど) を理解していない、といった児童が現れてきた。

ビスケットは単機能を組み合わせる複雑なことを表現するプログラミング言語であるから、機能だけを習得しても不十分で、組合せ方を理解していなければ、思ったような作品は作れない。このような組合せ方を「技」と呼ぶことにした。技を習得した児童の制作ノートに貼る「技シール」、その技の一覧を表示した「技マップ」を用意して、意識させた。技にはレベルが定義されており、レベル 1 の技はレベル 2 の技よりも先に習得すべきもの、という扱いにしている。図 11 は技の例である。

技のレベルは次のように分けられている。低いレベルは特に重要で細分化されている。この技のレベルは著者 1 により本活動以外のビスケットの活動も考慮して設計された。

- レベル 1
1 つの部品, 1 つのめがねによる基本的な動かし方 (5 項目)
- レベル 2
2 つの部品, 2 つのめがねによる 2 コマのアニメーション (1 項目)



図 11 技の例

Fig. 11 examples of techniques.

- レベル 3
作品としての表現力を高める機能（部品の縮尺，書き換えのタイミング，背景色の 3 項目）
- レベル 4
2つの部品の衝突判定，色彩表現（2 項目）
- レベル 5
ボタンによるインタラクション（2 項目）
- レベル 6
ゲームの基本（4つのメガネによるシューティングゲーム，1 項目）

その技の扱いを簡素化しビスケット検定の形で運用している。検定は，その技をスタッフの前で制作してみる，という形で行われる。検定のレベル 1 をパスした児童には，制作ノートが与えられる。運営当初は，検定をゆるい基準で行っていたため，検定にパスすることが目的になり，合格することでビスケットへの興味を失ってしまう子も現れた。しかし，現在では非常に厳しく検定しているため，受ける側も覚悟が必要になっている。友達が検定にパスしてノートをもらおうと，挑戦したい気持ちになるが，検定の難しさを知ると，実際に受ける子はいくつか少なくなり，本当にビスケットをやりたい子だけに絞られるようになった。みどりっ子クラブはほかにも魅力的な活動がたくさんあるため，コンピュータだけに縛り付けておくべきものでもない（著者 2）。

なお，ビスケットの専門家が単発で行うワークショップでは，このレベル 1 に相当する技を 30 分で教えている。しかし，本活動では子ども同士で教え合うようにさせているため，もっと多くの時間がかかる。

検定を導入したことで次のような効果が得られている。

- (1) ビスケットの世界がどれくらいの広さなのかを初心者段階で意識できる。最初にビスケットで絵を動かす基本的な体験をした後，このソフトができることをすべて理解したと勘違いして，それ以上の探求をやめてしまうことを防ぐ。
- (2) 自分が理解しているものはどこまでかを把握しやすい。これは後に説明する「教え合い」を適切に行うために重要である。
- (3) 後から見直すきっかけになる。最初の頃に覚えた技を忘れてしまった場合，途中の技を飛ばして習得してしまったり場合などでも，全体像を見失うことを防げる。

4.8 修得度の異なる子ども間での学び合い（2011 年 9 月）

初心者と上級者とが一緒に 1 つの場で遊ぶことができるロボット対戦という環境を用意した。ビスケットランドを基本としているが，ワイルドカード属性の部品（「あいて」と描かれている）があらかじめ用意されている。

レベル 4 の衝突判定を理解した児童は図 12 のようなめがねを作ることができる。上のめがねでロボットは上に動

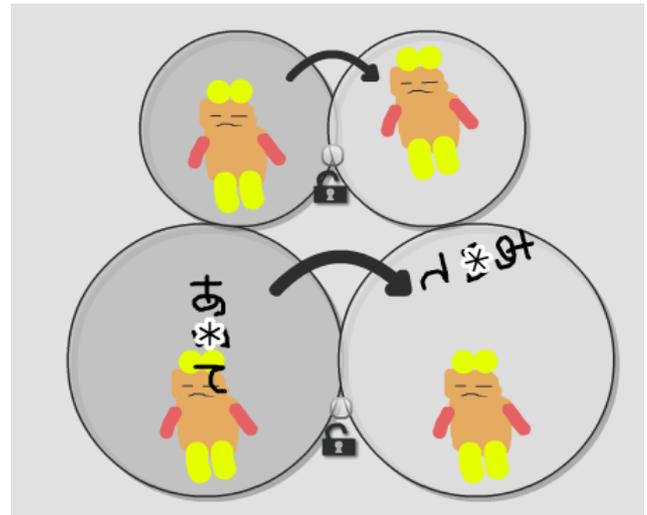


図 12 ワイルドカード（あいて）を使用しためがね（小 3 男 1 年目）
Fig. 12 A pair of glasses (rule) with a wildcard (opponent), developed by a grade 3 boy (Viscuit experience within a year).

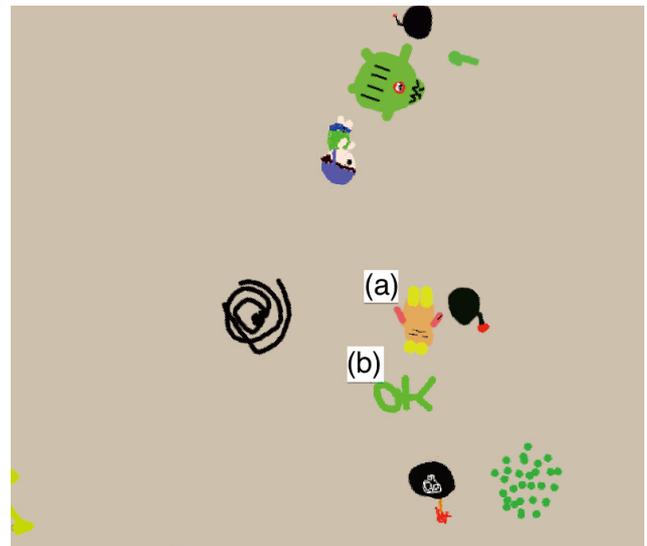


図 13 ロボット対戦の画面
Fig. 13 A screenshot of a robot competition.

き，下のめがねでロボットは「あいて」にぶつくと「あいて」をはねとばす。このロボットを送信することで，ビスケットランドの画面上で他の児童が作った作品と対戦させることができる（図 13）。ワイルドカード属性の「あいて」という部品はどの絵にもマッチすることができるため，ビスケットランドの画面上では他人の描いた絵との衝突を判定できる。この図 13 では，ロボット (a) が他人が作ったロボット (b) をはねとばすアニメーションをみることができる。

特に勝ち負けの判定を用意しているわけではないが，あたかも対戦しているようにロボットは動き回る。めがねやアニメーションのコマ数を増やすなどさまざまな工夫をこらすことができ，より強いロボット，動きの面白いロボッ

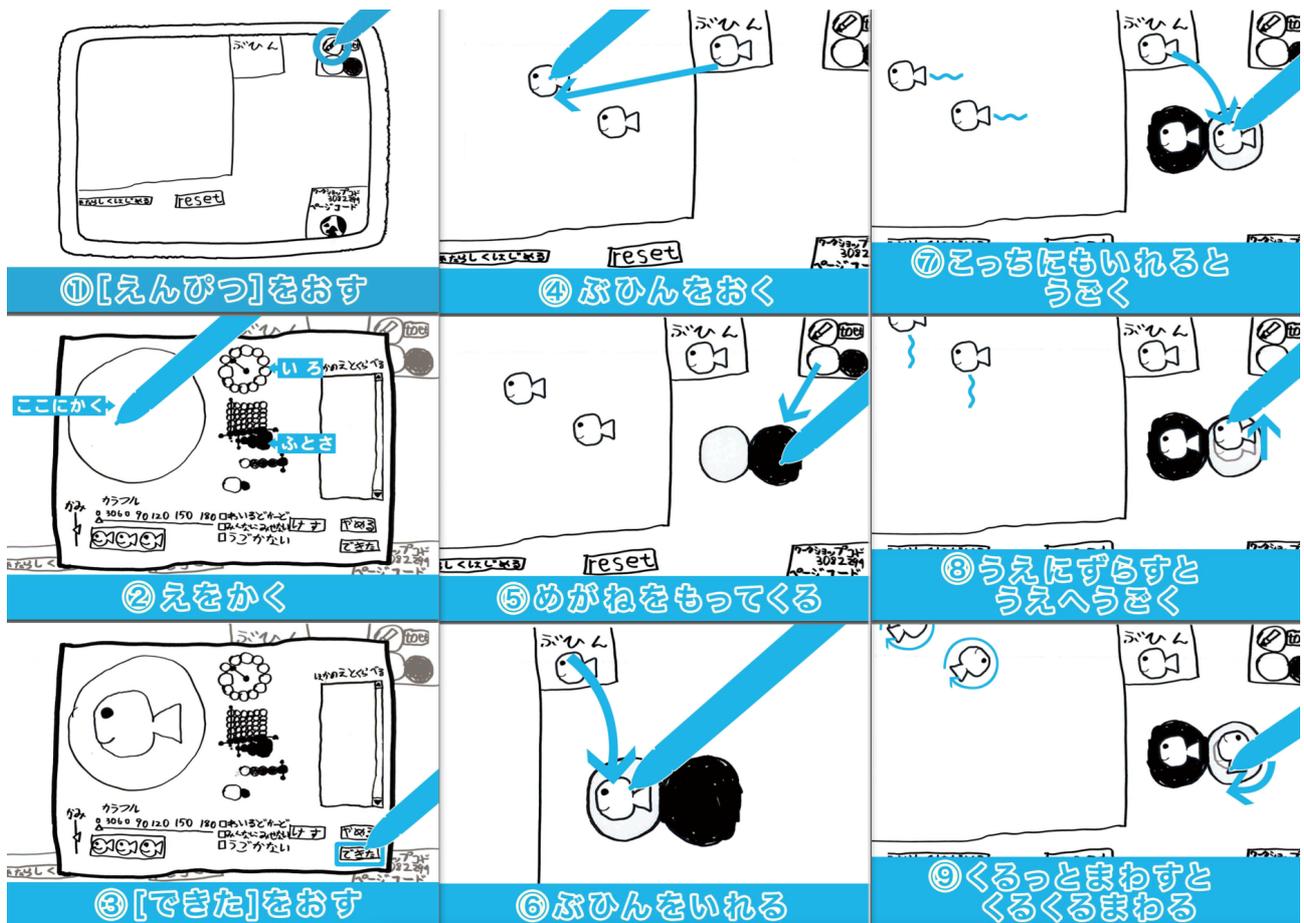


図 14 紙芝居
Fig. 14 Picture-story cards.

トなど、上級者も楽しむことができる（著者1）。

一方、レベル1にも満たないビスケットの初心者も参加できる。彼らは絵は描けてもそれを自由に動かす方法をまだ知らなかったりするが、操作を早まってその作品をビスケットランドに送ってしまうこともよくある。ビスケットランドの画面の上でも絵は動かないままで、通常なら悲しい経験になってしまう。しかし、このロボット対戦では、このような動かない絵であっても他のロボットのターゲットとなることができるため、他人に動かしてもらうことができる。上級生に遊んでもらって楽しい、という経験である。こういうかわり合いが、ビスケットの使い方を上級生に教えてもらうきっかけとなる（著者2）。

4.9 基本操作の分かりやすい図示（2011年3月）

基本的な操作法の部分を紙芝居（図14）にして、パソコン室のよく見える場所に並べておいている。みどりっ子クラブに通っている児童が描いた絵を原画として、紙芝居のストーリーに編集している*3。初めての児童に教える場合や、久しぶりに参加して忘れてしまっている場合などに、

*3 紙芝居は著者1が他の目的の為に制作し、それを著者2が本活動に活用した。

重宝している。

ビスケットは、部品やめがねを最終的に同じ配置に並べればまったく同じ動きができる言語である。しかし、特に初心者には、部品やめがねを並べる順番が重要な場合がある。この紙芝居では、めがねを作るより前に、4番で部品をステージに置くように指示しているが、この順序には重要な意味がある。4番の段階では置いた部品は動かないが、5番6番7番でプログラムを作ったことで初めて部品が動き出す。これまで動かなかった絵がプログラムによって動き出すという感動が得られる。もしこの順序を逆にして、先にプログラムを作ってから、ステージに部品を置く場合だと、その部品を置いた瞬間に動き出してしまい、プログラムがなければ動かなかったということが分からない。児童が児童に教える場合、この微妙な違いについてまでは理解して教えてもらうことは期待できないので、それをさりげなく伝えるためにもこの紙芝居は重要である。

5. 評価

本稿で述べている活動は現在も継続中であるが、活動を続けている子どもたちがどのような意識を持つようになったかを調べるため、インタビュー調査を実施した。実施日

表 2 インタビューと質問の回答
Table 2 Interviews and their answers.

学年	1年	2年	2年	3年	4年	6年
性別	男子	女子	女子	男子	男子	男子
ビスケットの経験(期間) (レベル1以降の参加回数)	4ヶ月 5回	1年半 26回	1年 7回	2年半 34回	3年 27回	3年半 93回
ビスケットのレベル	レベル1	レベル2	レベル2	レベル6	レベル6	レベル6
誰から教わったか	上級生	他の子	他の子	他の子	同級生	スタッフ
コンピューターやゲーム機の経験	PCのキッズサイト	なし	PC(着せ替え、飛ばすゲーム)	英語の勉強、スクラッチ、Wii、DS	PCは調べものネットゲーム、DS、Wii、	PCのゲーム、DS
コンピューターとゲーム機の違い	大きさ	わからない	(自分で)絵を描くことが違う	ゲームは相手を倒す、ビスケットは自分の世界を作れることが面白い、	PCはネットでコミュニケーションをとる、ゲーム機はゲームで遊ぶ	ゲームはできているものを実行するだけ
スマートフォンやタブレット、ゲーム機とコンピューターの違い	ゲームやスマホは難しいがパソコンは難しい	ゲーム機とPCは違う	外見は違うが中身は同じ	わからない	タブレットは指で動かせる便利なコンピューター、ゲームは指定されたことしかできないけれど、コンピュータは制限なくプログラムして人に伝えることができる	大きさが違うが中身は同じ、自分で作れるかそうでないかが違い。
ビスケットを始めてからのコンピューターやゲーム機に対する意識の変化	特に変わらない	わからない	変わった	前はパソコンは大人が仕事のために使うものだと思っていたがビスケットを始めてからは子どももおもしろいと思った	ビスケットを始め自分でもゲームが作れることがわかって他の人に遊んでもらいたいと思うようになった。	自分で作ることがとても面白い
何を作ったか?	絵を描いて動かす	テーマに沿った絵やデザインを動かす。好きなものの	好きな絵を描いて動かす	やったことのあるゲームをまねたり好きなものを作る	ドラゴンが勇者を倒すゲーム、シュミレーション	自分が出来たらいい・面白いと思うものを作る
アプリやゲームを作れるようになると思うか?	わからない	できるようになったら楽しいと思う		できるようになると思うが漫画家になるので作らない	作れる	思う
工作や絵を制作することの違い	同じ	自分で考えて作るころは一緒だけれど違いがある		工作などは材料がないとできないがコンピューターだけあれば作れる	コンピューターはプログラムで動かすが、工作は形を作ったものを動かすようにする	描いた絵は動かないがビスケットなら動く
コンピューターで何を作りたいか	ゲーム	自分が考えたもの		みんなが楽しめるもの、栽培ゲームのようなもの	みんな楽しんでもらうようなゲーム、自分の作った作品をネットで公開して感想をもらいたい	ゲーム
ビスケットの面白いこと	出来る達成感、次につながる	だんだんできるようになると面白い。自分が好きな絵やデザインを描いて動かせる。メガネを使って動かせることが楽しい。	自分で絵を描くことが好き、楽しい。くるくる回せることが特に面白い。ビスケットランドの宇宙が好き。	自分だけの世界を作れる	ビスケットは自分の描いた絵がゲームにできる、できたゲームの感想をその場で話し合うことができることが楽しい	自分で作ることがとても面白い
ビスケット・プログラミングの説明	パソコンでお話を作ったり、ゲームを作ったり、ロボットを作って対戦できる	自分の好きなものを作れる。実際に絵を描くのは少し違う	コンピューターで設定しているような動かしかたができる	自分だけの世界を作れるコンピューター	自分が書いた絵を動かしてお話にしたりゲームにしたりいろんなことができるソフト	(コンピューターで)自分の描いた絵を好きなように動かすことができる。
他の子どもに教えるか	忘れた	教える	教える	教える	教える	教える。よく頼まれる。
教えることは好きか	今はまだ考えていない	1年生が言ったことをわかるようになると楽しい	教えたことをわかってもらうのが難しい	面倒なので他の子にはあんまり教えたくない。自分で作ることが好き。	自分が知っていて他の人が知らないことを教えるのが好き	教え方がわかりやすいと言われて自分の言っていることを理解してくれると嬉しい

は2013年9月23日(祝日)、10月14日(祝日)であり、これらの日のビスケット活動に参加した6名の子どもたち(1年生、2年生2人、3年生、4年生、6年生 実施日の参加者で保護者の承諾が得られた者)に著者が直接質問する形で実施した。質問内容および得られた回答を表2に示す。この中で、ビスケットの経験についてはこの活動への参加期間とともに、レベル1に達してからの参加回数を記入している。レベル1から個人制作が可能となり、サーバ上に参加ログが残されているためである。レベル1に到達以前の参加回数は一定ではない。1回の参加時間は30分~1時間である。

これらの結果から、本活動に参加した子どもたちに見られる特徴として次のことがらげられる。

- ゲーム機やスマホなどとコンピューターとの違いに関して、レベル6(ゲームを作れる)まで習得した児童は、ゲーム機などは中身を自分で触れないけれど、コンピューターは自分でゲームを作れると認識している。
- すべての児童が自分で絵を描いて好きなものを作る点を面白いと感じている。

- レベル2以上の児童は他の子どもにも教えた経験があり、その半数は教えることが好きである。
- 「自分で」という言葉が数多く発せられた。

これらを総合すると、4.1節であげた目標のうち((1)コンピュータの中身に対する意識)についてはかなり達成しているといえる。((2)子ども同士の教え合い)については著者2の日頃の指導からも教え合いの増加は観察されるが、インタビューでは「教えることが楽しい・好き」と答えているのが印象的であった(著者2)。一方、((3)マナー)については質問項目に含まれておらず、自由発言としても、これらの事柄をあげた子どもはいなかった。ただし、子どもたちのビスケット活動における行動を見ると、当初、他人のアカウントを盗んだり、不適切な表現が頻出したが、その後、子ども同士でマナーやモラルに反する行為を注意し合うように成長した。

検定、紙芝居のツールにより、児童に教え合いをスムーズに促すことできるようになった。検定にパスしているということは、その部分を教えられるという資格を与えられていることになる。下の学年が上の学年に教えるという逆

転現象も、検定にパスしたかどうかで決められる。新学期がスタートし、新1年生がみどりっ子クラブに参加するようになると、その子たちに2年生が教えるという循環ができていく。

参加者へのインタビューでも、「教えるのは面白い、自分の知っていることを理解してくれるのがうれしい」「教えてあげるのは好き。2人でやるのが好き。教えていて難しいのは相手が分かってくれないところ」といった回答を得ており、他人に教えることで、自分自身の理解を深め、モチベーションを向上させているのがうかがい知れる。

教え合いは、少ないスタッフで対応する場合にも非常に有効である。逆にスタッフが潤沢にいと、それに頼ってしまい教え合いがなかなか生じないかもしれない。

6. 考察とまとめ

多少主観的ではあるが、ビスケットの設計がどのようにこの活動に影響を与えたのか考察してみる。

子どもたちの様子を観察していると、ビスケットのインタフェースにはまだ多くの問題点が含まれているようである。しかし、子どもたちの柔軟性のおかげで、それらの欠点は致命的にはならず、どんどん乗り越えて楽しんでくれ、それらを修正しなければならないという気にはあまりならない。むしろ、あえてそのような問題点を残しておいた方が、それを克服するテクニックの共有など、子ども同士のコミュニケーションのきっかけとして使われて、プラスの効果もある。

ビスケットの設計では、最低限作品は消えないという部分は守るが、そのほかのコンピュータの便利さの部分はあえて見せないようにしてある。たとえば、一般的なアプリケーションでは、絵を描く際に他の絵から一部分だけコピーする機能が用意されているが、ビスケットでは他の絵からのコピー機能はない。その代わりに他の絵を下絵として見せることができ、それを参考に自分で描き写す必要がある。また、描画部分での前に戻る機能はあるが、多くのソフトウェアに備わっている編集画面での UNDO の機能はビスケットでは用意していない。操作が行き過ぎて壊してしまった場合に元に戻す機能はない。このようなインタフェースは、いわゆる便利なコンピュータに使い慣れた大人にとっては、不完全なアプリケーションであり我慢がならないことかもしれない。しかし、ここで行われているのは効率良く何かを作ることではない。すべての行為が遊びの一部なのである。我々が一番に伝えたいコンピュータは、自分で何でも作れるんだ、ということであって、コンピュータは便利な道具であるということを知ってもらうのはもっと先でよい。

多くの子ども向け教育ソフトでは、子どものモチベーションの維持のためにゲームの要素である派手な演出や音を導入している [10]。それに対してビスケットではそのよ

うな方法でモチベーションを高めるようなことはしていない。自分で作れるということだけでモチベーションの維持は十分で、あえて何かをする必要性はない。またデザイン的にも画面を色彩を押さえて地味にしアニメーションするようなアイコンも使っていない。そうしている理由は、自分が描いた絵や動きが最も目立つようにするためである。自分が制作して行けば行くほど、画面は色彩豊かになり、派手になって行く。

こういったデザイン上の工夫は、ソフトウェアの視点だけで見ていると気がつかないばかりか、昨今の親切・便利なコンピュータからするとむしろ欠点としてしか見られない。そのようなマイナスのデザインが有効であるかどうかの証明も難しい。教え合いといったコミュニケーションを促す場を構築し、長期的な活動の観察を通して、そういったデザインの有効性が見えてくるのであろう。

この活動で、教え合いを導入したきっかけは、少ないスタッフで混乱しがちな場をどのように運営して行くかであった。しかし、この教え合いこそがコンピュータを子どもたちの手に渡すための重要な鍵であった。大人から与えられるものではなく、コンピュータは自分たちのものなのである。

少子化や異学年で遊べる広場が消失し、子どもたちは気の合う限られた集団の中でのみコミュニケーションをとる傾向にある [11]。大人とのコミュニケーションは子どもへのサービスの提供でしかない。テレビゲームやタブレットなどの機器も子どもにはサービス過剰である。このままではますます、コミュニケーション能力は必要とされない。コミュニケーションが苦手で、最初は1人でやってきた子がビスケットの遊び合い通じて、他者を学び、コミュニケーション能力を鍛え、他の場所でも友達と遊べるようになった。これからの新しい成長のパターンをここに見るようである。

謝辞 本稿を執筆するにあたり、緑小学校教職員、保護者の方々、みどりっ子クラブ運営委員会およびスタッフの方々、墨田区緑1~4丁目の地域の方々にご協力をいただいた。また実験のアシスタントとしてNPO法人デジタルポケットの山口尚子さんと渡辺勇士さんにご協力いただいた。ここに感謝します。最後に、ビスケットで楽しんでくれた緑小の子どもたち、どうもありがとう。

参考文献

- [1] The Royal Society: *Shutdown or restart? - The way forward for computing in UK schools* (2012), available from (<http://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report/>).
- [2] 産業競争力会議：成長戦略（素案）(2013), 入手先 (<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/skkaigi/dai11/siryu1-1.pdf>).
- [3] 草野真一：プログラミングスクール TENTO の冒険, 情報処理学会誌, Vol.54, No.9, pp.948-951 (2013).

- [4] 阿部和広：小学生からはじめるわくわくプログラミング，日経 BP (2013).
- [5] 倉本大資，阿部和広，田島 篤（インタビュアー）：子供たちに楽しくプログラミングできる場を提供，自分の可能性に気付いてほしい，日経ITPro インタビュー記事 (2013)，入手先 (<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/Interview/20130425/473601/>).
- [6] Harada, Y. and Potter, R.: Fuzzy Rewriting – Soft Program Semantics for Children, *HCC 2003*, IEEE (2003).
- [7] 原田康徳，加藤美由紀，Richard Potter：Viscuit：柔軟な動作をするビジュアル言語，*WISS 2003* (2003).
- [8] 原田康徳，加藤美由紀：Viscuit：柔らかい書き換えによるエンドユーザ向けアニメーション記述言語，第45回プログラミングシンポジウム，情報処理学会 (2004).
- [9] 原田康徳：体験型ワークショップ用ソフトウェアの開発，第50回プログラミングシンポジウム，情報処理学会 (2009).
- [10] サイトウ・アキヒロ：ビジネスを変える「ゲームニクス」，日経 BP (2013).
- [11] 文部科学省：子どもたちのコミュニケーション能力を育むために～「話し合う・創る・表現する」ワークショップへの取組～審議経過報告のとりまとめ，コミュニケーション教育推進会議 (2011)，入手先 (http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/08/1310607.htm).



久野 靖 (正会員)

1956年生。1984年東京工業大学大学院理工学研究科博士後期課程単位取得退学。同年東京工業大学理学部情報科学科助手。1989年筑波大学講師。同助教授を経て現在，筑波大学ビジネスサイエンス系教授。理学博士（東京工業大学）。プログラミング言語，ユーザインタフェース，情報教育に関心を持つ。ACM，IEEE-CS，日本ソフトウェア科学会，日本情報科教育学会各会員。



原田 康徳

1963年生。1992年北海道大学大学院情報工学専攻博士後期課程修了。同年日本電信電話株式会社NTT基礎研究所。2000年NTTコミュニケーション科学基礎研究所。1998～2001年JSTさきがけ研究員。2004～2006年，2010～2013年IPA未踏ソフトウェアプロジェクトマネージャ兼務。博士（工学）。ワークショップデザイナー。



勝沼 奈緒実

2002年墨田区立緑小学校PTA活動として，みどりっ子クラブに保護者として参加。2004年みどりっ子クラブ運営委員。2014年スポーツスタッキング日本大会マスター部門ダブルス2位。