

小学生を対象とした CS アンプラグド 「体験して学ぶコンピュータ科学」の実施報告

吉村賢治[†] 橋本浩二[†] 高橋伸弥[†] 鶴田直之[†] 廣嶋道子^{††}

4年生から6年生までの小学生を対象に行った福岡大学市民カレッジ（公開講座）「体験して学ぶコンピュータ科学」について報告する。講座では、「秘密のメッセージ」、「宝探し」、「カード交換の手品」に加えて、ピンポン玉を使って2進数の学習を行う新しいアクティビティを行った。このピンポン玉を使ったアクティビティの説明と講座全体に対するアンケート結果について報告する。

Report on the CS Unplugged Course for Elementary School Students “Learning Computer Science through Experiments”

Kenji Yoshimura[†], Koji Hashimoto[†], Shin-ya Takahashi[†],
Naoyuki Tsuruta[†] and Michiko Hiroshima^{††}

We report on the CS Unplugged Course “Learning Computer Science through Experiments” which was carried out for the upper grades students of elementary school at Fukuoka University Extension College. We carried out the new activity to learn binary numbers using the table tennis balls in addition to “Sending secret messages”, “card flip magic” and “Treasure hunt.” We introduce this new activity in order to learn binary numbers and report the results of questionnaires.

1. はじめに

福岡大学エクステンションセンターでは、大学による地域貢献の一環として福岡大学市民カレッジ（公開講座）を開設している。筆者らは2010年度から市民カレッジの一つとして、CSアンプラグドのアクティビティである「2進数」、「秘密のメッセージ」、「カード交換の手品」、「宝探し」（2010年度は「並べ替え」）[1]を利用して、2進数、符号化、オートマトン、誤り訂正などの概念を楽しみながら学ぶことができる講座「体験して学ぶコンピュータ科学」を開講している。この講座の対象は小学校の4年生から6年生であり、定員は20名である。2010年度の講座では参考文献[1]に紹介されている「2進数」のアクティビティを行った。この従来のアクティビティでは数を表す符号の一つとして2進数を学習するが、今年度行った講座では数を数える体系として2進数を導入するアクティビティを開発し、従来法の前段として追加してみた。本稿では、今年度開講した市民カレッジの概要について紹介し、今回実践した新しい2進数のアクティビティについて詳しく説明する。最後に講座終了時に行ったアンケート結果を紹介する。

2. 講座の概略

2.1 時間割

2011年度の市民カレッジ「体験して学ぶコンピュータ科学」は2011年11月19日（土曜日）に開催した。当日の講座の時間割を表1に示す。

表 1 講座の時間割

時間	内容	担当者
10:00 ～ 10:10	事前説明（アイスブレイク）	鶴田（廣嶋）
10:10 ～ 11:10	「2進数の仕組み」	吉村
11:10 ～ 12:10	「秘密のメッセージ」	橋本
12:10 ～ 13:10	昼休み	
13:10 ～ 14:10	「カード交換の手品」	高橋
14:10 ～ 15:10	「宝探し」	高橋
15:10 ～ 15:20	事後説明（児童向け）	鶴田
15:20 ～ 15:30	事後説明（保護者向け）	鶴田
15:30 ～ 16:00	アンケート回答	廣嶋

[†]福岡大学工学部電子情報工学科

Fukuoka University, Faculty of Engineering, Department of Electronics Engineering and Computer Science

^{††}福岡大学エクステンションセンター

Fukuoka University, Extension Center

参加者は児童が 13 名、その保護者が 4 名で児童の内訳は表 2 のようになっている。

表 2 参加者の内訳

学年	男子	女子	計
6 年生	5	0	5
5 年生	3	0	3
4 年生	1	4	5
計	9	4	13

2.2 事前説明

アンプラグドコンピュータサイエンスの紹介と、これを使って行う講座の趣旨を簡単に説明した。また、自動車やデジタルカメラがコンピュータ化していることを紹介し、更に複合現実感のデモを行って児童の興味を引いた。

児童のほとんどが初対面であるので、以後のグループで行うアクティビティをスムーズに進行させるために、アイスブレイク（ドラえものの絵を描くことと自己紹介）を行い、共感スペースを作った。

2.3 2 進数の仕組み

「ピンポン玉の数当て手品」から始めて、0 と 1 だけを使って数の表現ができることを学習した。このアクティビティについては 3 章で詳しく述べる。

2.4 秘密のメッセージ

「秘密のメッセージ」のアクティビティを行い、0 と 1 を使って文字が表現できることを学習した。この後、2 台のパソコン間で赤外線送受信機（図 1）による赤外線通信のデモを行った。この送受信機はパソコンのシリアルポート信号を赤外線の点滅に変換するだけの簡素な構成で、家電のリモコンと同種の発光・受光素子を用いている。すると、蛍光灯照明を付けていない状態では問題なく通信できるが、蛍光灯が付いているときに通信を行うと、蛍光灯がインバータ駆動されていることにより通信エラーが頻繁に発生する様子を見てもらった。このことから、リモコンや携帯電話等を含め、身の回りで行われている通信にはエラーすなわち通信誤りへの様々な工夫が施されていることを学習した。

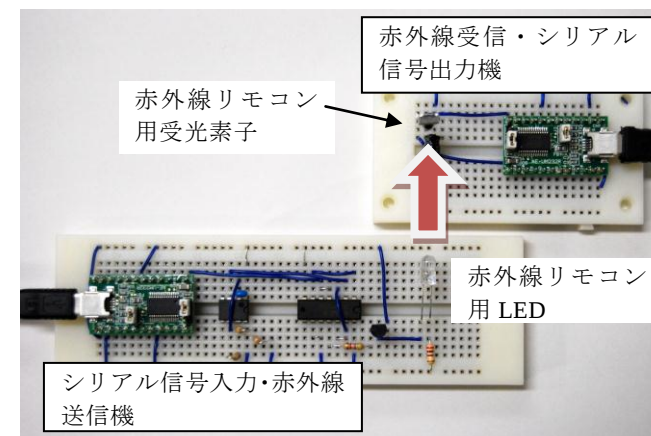


図 1 通信エラーが生じやすい赤外線送受信機

2.5 昼休み

昼休みに食事が終わった児童を集め、隣の部屋に用意した 8 入力の「並び替えネットワーク」のアクティビティを行った（図 2）。児童の評判はよく、何度もやりたがる児童が多くいた一方で、理解の深堀のための準備ができておらず、やりっぱなしの感があった。

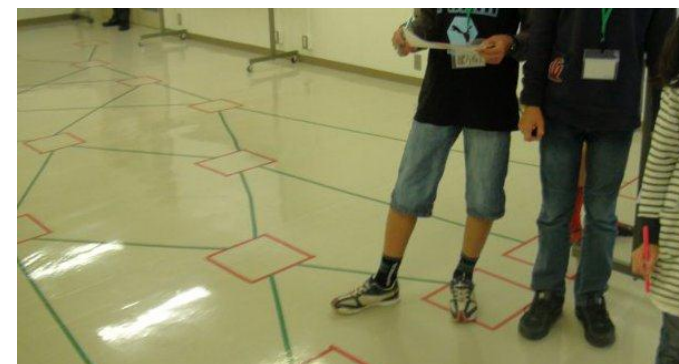


図 2 並び替えネットワーク

2.6 カード交換の手品

午後の最初の時間は「カード交換の手品」を行い、誤り検出・誤り訂正の学習を行った(図3)．このアクティビティでは、事前に、各行および列の裏・表の数がそれぞれ偶数になるように並べておくことで、ひっくり返されたカードの位置を当てるという手品を行い、児童らに手品のタネを考えさせることを行った．

奇数・偶数の概念を低学年の児童らがうまく理解できるか不安があったが、実際には4年生の児童らが最も活発に議論を行っていたようであり、そのうちの一人に壇上で原理を説明してもらった．

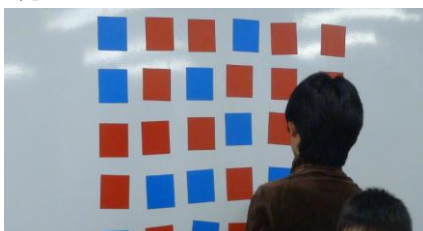


図3 カード交換の手品

2.7 宝探し

最後の時間は、隣接した2つの部屋を使って「宝探し」のアクティビティを行い、有限状態オートマトンの学習を行った(図4)．このアクティビティは、航路の書かれていない海図を手に、室内の複数個所に設置した島を巡って最終的な宝島への経路を見つけるというゲームである．児童らには、経路を記入するためのA4用紙大の地図を配布し、すべての経路を記入したのち、A1用紙に拡大印刷した大きな地図にグループ内で話し合いながら経路を書き込むという作業を行ってもらった．

児童らはゲームを通して、地図(グラフ)を用いた状態遷移の表現方法、最短の経路やループを含む経路の考え方、記号による経路の表し方などを学習した．



図4 宝探し

2.8 事後説明とアンケート

事後説明では講座の振り返りを行い、児童の理解度を確認するためのアンケートを実施した．アンケート結果については、2010年度のアンケート結果との比較も含めて4章で示す．

3. ピンポン球の数当て手品

3.1 アクティビティのねらい

参考文献[1]に紹介されている「2進数」のアクティビティでは図5に示すカードを使って、表になっているカードが1、裏になっているカードが0を表しているという方法で2進数を紹介しているが、カードに書かれている●の個数がそれぞれ1, 2, 4, 8, 16になっている理由の説明がなく、数を表示する符号の一つとして2進数を導入している．この場合、児童はカードに書かれている●の個数が右から1, 2, 4, 8, 16であることを理由も考えずに暗記する必要がある．このカードを使うアクティビティの前段として、2進数を使ってピンポン球の個数を数えるという作業を体験することで、図5のカードに書かれている●の個数の意味を理解させたいというのが今回行ったアクティビティのねらいである．

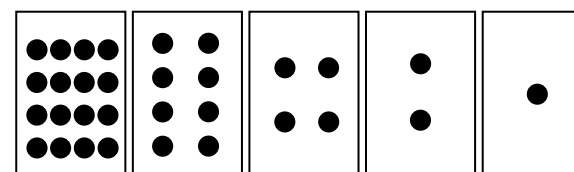


図5 2進数で使うカード

3.2 数当て手品の概略

4人が手のひらを上にして横一列に並ぶ(図6)．講師が部屋の外に出ているときに、児童の一人にいくつかのピンポン球(16個未満)を右端の人に渡してもらう．ピンポン球を受け取った人は次節3.3で述べる規則に従ってピンポン球を処理することによって、児童が渡したピンポン球の個数が2進数で表示される(ピンポン球があれば1, なければ0)．講師は4人が持っているピンポン球の状況を見て、児童が渡したピンポン球の個数を当てる．講師以外に必要な参加者と物は次のとおりである．

- (1) 参加者：ピンポン球を渡す人1名、受け取る人4名
- (2) 必要な物：ピンポン球15個、ピンポン球を入れる箱1個



図 6 ピンポン球を渡される 4 人

3.3 手品の準備

ピンポン球を渡される 4 人は次の規則に従ってピンポン球を処理する.

- (1) 片手には一つのピンポン球しか乗せられない.
- (2) 両手にピンポン球が乗ったら、一つを右隣りの人に渡し、残りの一つは箱に戻す.

今回行った講座では、児童全員に 4 人の動きを見してもらうために、前に並ぶ 4 人の役割は保護者をお願いした. 児童全員の前で上の規則を説明し、ピンポン球の持ち方が異なるいくつかの状況で右端の人にピンポン球の一つ渡して動かし方の確認を行った. その後、図 7 に示すワークシートを児童に解いてもらってピンポン球の動かし方を理解していることを確認した.

3.4 手品の実行

4 人の準備が終わった後、手品の実行は次の手順で行った.

- (1) 児童の一人を指名して前に出てきてもらう.
- (2) その児童に 1 から 15 までの中の数の一つを頭の中で決めてもらう.
- (3) ピンポン球が入った箱を渡して、(2)で決めた数のピンポン球を右端の人に渡し、終わったら呼ぶように頼んで部屋の外に出る.
- (4) 呼ばれたら、4 人が持っているピンポン球の状況を見て、渡したピンポン球の数を当てる.

2 進数のことを知っている小学生がいるかもしれないので、渡したピンポン球の数を当てることができた理由を分かる児童がいるかどうかを一応確認した. 今回の講座の参加者には理由が分かる児童はいなかった.

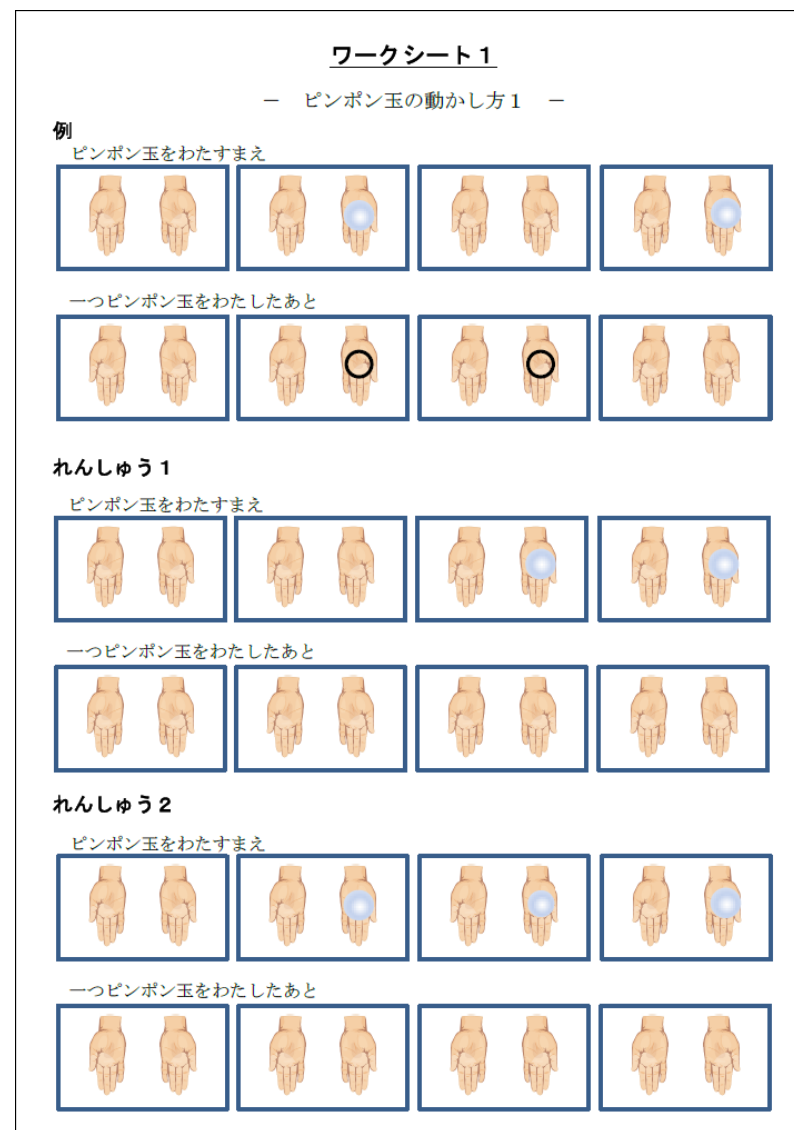


図 7 ピンポン球の動かし方のワークシート

3.5 手品の解説

手品の解説は図 8 に示すように、それぞれピンポン球が 2 個、4 個、8 個、16 個入る 4 本のアクリルの筒を使って行った。この解説を行うためにはアクリルの筒を 1 本ずつ持つてもらうために、さらに 4 人が必要となる。アクリルの筒は、向かって右端の人がピンポン球 2 個分の高さの筒を持ち、その左の人から順に 4 個分、8 個分、16 個分の高さの筒を持つ。アクリルの筒を持った人は次の約束に従って、ピンポン球を移動する。

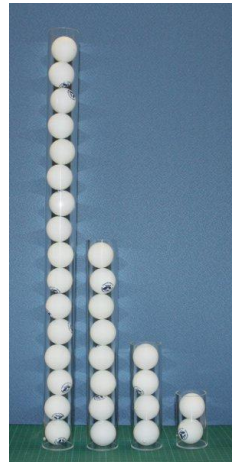


図 8 アクリルの筒

- (1) 筒が空、または半分までしかピンポン球が入っていないときはなにもしない。
- (2) 筒がピンポン球で一杯になったら、すべてのピンポン球を右隣りの人の筒に移す。

手品でピンポン球を受け取った 4 人（A 列と呼ぶ）の横に、アクリルの筒を持った 4 人が並び（B 列と呼ぶ）、それぞれの列の右端の人にピンポン球を 1 個ずつ渡していく（図 9）。このとき A 列と B 列の状態は図 10 のように変化する。紙面の都合上、図 10 は A 列と B 列の右側 3 人分だけを示している。図 10 の各安定状態で、A 列のある位置の人がピンポン球を 1 個持っているとき B 列の対応する位置の人のアクリルの筒にピンポン球が何個あるかを示し、A 列をただで何個のピンポン球が渡されたか分かることを説明する。

この時点で、これまでの説明の内容を理解していること確認するために次の質問を行った。

- (1) 4 人に適当にピンポン球を渡して、そのパターンが表している数を考える。
- (2) 4 人で数えることができる一番大きな数を考える。
- (3) 5 人いたらいくつまで数えることができるかを考える。

短時間の説明しかできていないため、これらの質問に答えることは簡単ではなかったが、図 5 のカードも併用して解説を行うことでほとんどの児童が理解してくれたようだった。



図 9 手品の解説

	安定状態(A)	過度状態(A)	安定状態(B)	過度状態(B)
0				
1				
2				
3				
4				

図 10 A 列と B 列の状態変化

3.6 追加学習

ピンポン球の数当て手品の解説の後、次の手順で2進数を紹介した。

- (1) ピンポン球を持っている人と持っていない人が並んで数を表すことができた。
- (2) ピンポン球を持っている人を1、持っていない人を0で書くと、1と0だけを並べて数を表すことができる。
- (3) 1と0だけで表された数を2進数という。
2進数の理解を確認するために次のような演習を行った。
- (1) 1 0 1 0 1はいくつになるか考えてみよう。
- (2) 1 1 1 1 1はいくつになるか考えてみよう。
- (3) 自分の生まれた日（23日生まれなら23）を2進数で書いてみよう。
- (4) 片手の5本の指を使って幾つまで数えることができるか考えてみよう。

(1)～(3)の質問については、3.5の質問の場合と同様に図5のカードを併用して解説を行うことでほとんどの児童が解答することができた。

4. アンケート結果

講座終了後に、質問紙法でアンケート調査を行った。質問項目は、①説明の分かりやすさ、②理解度、③満足度の三点について主観的な質問項目と自由記述によって実施した。それぞれの質問項目を4段階で評価し、さらに、自由記述欄を設け、「どんなところがわかりやすかったか」などその評価を選んだポイントを具体的に書けるようにした。以下に、アンケートの結果を示す。2010年度のアンケートでは、項目毎の記入欄に回答してもらえなかったため、全体の感想欄の内容を付録に掲載する。

4.1 説明の分かりやすさ

設問「説明はわかりやすかったですか？」に対する回答を表3に示す。

表3 説明の分かりやすさ

	2011年度		2010年度	
	人数	%	人数	%
①とてもわかりやすかった	6	46.2%	11	52.4%
②わかりやすかった	7	53.8%	9	42.9%
③わかりにくかった	0	0.0%	1	4.8%
④とてもわかりにくかった	0	0.0%	0	0.0%
⑤無回答	0	0.0%	0	0.0%
計	13	100.0%	21	100.0%

4.1.1 「とてもわかりやすかった」の具体的意見

- ・ コンピューターのことを、くわしく、せつめいしてくれたので、分かりやすかったです。
- ・ コンピュータは、いろいろむずかしいのがたくさんあるけどその中で楽しくやれたし、2しんすうをけいさんするのが分かりやすかった。
- ・ ピンポン玉のせつめい。
- ・ ゲームや手品で、コンピューターのしくみが分かる所が分かりやすかった。
- ・ 自動車などにもコンピューターがはいっていることや、「全然関係ないんじゃないの」（2進法、手品）と思っていたことが最後に教えてもらったところ！
- ・ ゲームで楽しく分かりやすかった。ルールが分かりやすかった。

4.1.2 「わかりやすかった」の具体的意見

- ・ コンピューターは、せいのうをよくしていくほど、機械はあつくなる。
- ・ コンピューターのしくみが、わかりやすかった。
- ・ ゲームや手品をしったりしたことで、たのしみながべんきょうできたし、わかりやすかった。
- ・ 画像をつかっていたからわかりやすかった。
- ・ 画像を使っていた。
- ・ じっさいにやってみせたり、ホワイトボードにくわしく書いたりする所。
- ・ 海ぞくのやつがわかりやすかった。

4.2 内容の分かりやすさ

設問「内容はわかりましたか？」に対する回答を表4に示す。

表4 内容の分かりやすさ

	2011年度		2010年度	
	人数	%	人数	%
①よくわかった	8	61.5%	11	52.4%
②わかった	5	38.5%	9	42.9%
③あまりわからなかった	0	0.0%	0	0.0%
④わからなかった	0	0.0%	1	4.8%
⑤無回答	0	0.0%	0	0.0%
計	13	100.0%	21	100.0%

4.2.1 「よくわかった」の具体的意見

- ・ コンピューターのぎじゅつや、手品などのやり方が分かりました。
- ・ 「ひみつのメッセージをおくろう」のところ。
- ・ カード交換の手品が、よく頭に入った。
- ・ 二進数
- ・ コンピューターのしくみや二進数のこと。
- ・ コンピューターは2進数を使っていて、それで数を表せたりしたことなど。
- ・ 特にカードの手品。
- ・ 2進数で0か1かで文字を表せたり、いろいろな数を表せたりできる所など。

4.2.2 「わかった」の具体的意見

- ・ 2進数や、光のメッセージ、カードの手品のたね。ほぼまい日コンピュータとかかわった生活をしていること。
- ・ 手品のたねや、ちずのようなもののこと。
- ・ 2進数などがわかった。
- ・ 2進数、カードこうかんの手品の種。
- ・ 2進数のことがわかった。

4.3 満足度

設問「今日の講座が終わって、気分はどうですか？」に対する回答を表5に示す。

表5 満足度

	2011 年度		2010 年度	
	人数	%	人数	%
①大満足	8	61.5%	13	61.9%
②満足	5	38.5%	7	33.3%
③やや不満	0	0.0%	1	4.8%
④不満	0	0.0%	0	0.0%
⑤無回答	0	0.0%	0	0.0%
計	13	100.0%	21	100.0%

4.3.1 「大満足」の具体的意見

- ・ 全く知らなかった、コンピューターのしくみが分かり、大まんぞくです。友達に自まんしたい！！
- ・ コンピュータのしくみをべんきょうみたいだけど、クイズとかがあって楽しかった。

た。

- ・ カード交換の手品で、ひっくりかえしたのをあてれたこと。
- ・ いろんなことを楽しくわかったから大まんぞくした。
- ・ むずかしそうなコンピューターをゲームや手品で知れたこと。
- ・ まったくしらなかったコンピューターのことがとても分かりやすく教えてもらえて。とてもよくわかりできたこと。
- ・ ゲームが楽しかった。
- ・ よくわかった所。

4.3.2 「満足」の具体的意見

- ・ たのしかった。先生たちが楽しいし、やさしかった。
- ・ たのしかったところ。
- ・ いろんなことをおぼえれたところ。
- ・ 光の通信の所。
- ・ とてもおもしろかったから満足。

4.4 アンケート結果の分析

いずれの質問項目についても、全員が「わかりやすかった」「わかった」「満足」と答えた。「自分でコンピュータを使ったものを作りたい」、「手品やゲームを友だちや家のひとにもやって驚かせたい」といった記述が多く見られ、体験してコンピュータを学ぶという所期の目的はほぼ達成できたものと考えられる。

「説明の分かりやすさ」の自由記述欄では、「2進数を計算するのがわかりやすかった」「ピンポン玉の説明」とあり、「理解度」の自由記述欄「何が（よく）わかったか」では、13名中8名が「2進数」と答えている。また、これら質問項目とは別の自由感想欄には、「2進数を友だちに教えたい」「2進数を使えば片手だけでも大きい数を数えられることがわかった」とあり、「2進数のしくみ」について理解が深まったことが読み取れる。このほか、一緒に参加していた親からも、ピンポン玉を使った2進数の説明が、「具体的・体験的に説明されて理解につながった」と評価されている。

2010年度と今年度のアンケート結果と比べると、2010年度の全体の感想記述欄に「2進数」について言及している件数は24名中3名で、今年度のアンケート結果の方が明らかに「2進数のことがわかった」という記述が多くなっている。2010年度児童の学年構成比、事前状態などが異なるので一概に比較することはできないが、これは2進数のしくみを、ピンポン玉を使用して行ったことが寄与していると考えられる。理解度をどこまでとするかは検討を要するが、児童にとっては、2010年度行ったカードを使ったアクティビティよりはピンポン玉を使ったアクティビティの方が理解を深めるためにはより効果的であった。

5. おわりに

ピンポン球を使って2進数の学習を行うアクティビティを紹介した。カードのみを使う従来のアクティビティと比較して、児童の理解を助けることができたと思われるが、そのことを定量的に検証するためには今後の更なる検証が必要である。

ピンポン球を使って2進数を学習するアクティビティの中学生・高校生を対象とした発展形としては、

- 2進数の足し算・引き算の学習
 - 負の数の表現法（2の補数表示）の学習
- などが考えられる。

謝辞 本研究の一部は文科省科学研究費 23501038「小学校から高校までのアクティビティ型情報科学教育の開発と実践」の助成を受けて行った。

参考文献

1) 兼宗進監訳: コンピュータを使わない情報教育アンプラグドコンピュータサイエンス, イーテキスト研究所 (2007).

付録

付録 A.1 2010 年度に行ったアンケートの自由記入欄の内容（原文のまま）

- コンピュータのしくみがわかってよかったです。
- コンピュータのしくみがわかってよかったです。
- コンピュータなどでロボットを動かせるコンピュータを作りたい。
- コンピュータは、いろんな所に何もつかわれていたのがわかった。
- 10しんすうはふつうのかず。
- 二進数はしってたけど、つかいかたをはじめてしった。
- コンピュータで絵を作ったり、動かしたりするのがすごかったです。
- 2進数は2倍の数になっている。
- てんびんでどっちが重いか、軽かを調べたのが楽しかったです。
- コンピュータのことがよくわかった。
- コンピュータは、細かくてかん単には、作れないと知る。
- いろいろ分かった。
- ぼくのゆめは車をつくることです。車にはコンピュータはそんなにつかわたりと思っていました。コンピュータが100こ、もいるとは思いませんでした。びっくりしました。楽しかったです。

- 最初にしたカメラにうつすとでてくる絵がとてもおどろいた。
- 数字に“2進法”があることをはじめて知った。手品や“ひみつのメッセージ”がとくに楽しかったです。♪
- コンピュータを使わずにコンピュータの仕組みを学べたのでよかったです。また、福岡大学の面白そうな市民カレッジがあればと思います。本日はどうも有難うございました。
- 今日は、いろいろな事がわかったし、ほかにもコンピュータはすごいところがあると思うので調べたいです。また来たいです。
- さいしょの、きごうだけで魚がカメラに見える所がびっくりしました。コンピュータの中にこんなたくさんのすごい所があったのでびっくりしました。
- くるまはコンピュータが60こから100こあるのびっくりした。

付録 A.2 2010 年度の参加者内訳

学年	人数
6年生	5
5年生	4
4年生	9
3年生	4
2年生	2
計	24