

研究会推薦論文

小学生に対するアンプラグドコンピュータサイエンス 指導プログラムの実践と評価

石塚 丈晴^{1,a)} 兼宗 進² 堀田 龍也³

受付日 2014年8月5日, 再受付日 2014年11月27日,
採録日 2014年12月20日

概要: 本論文では, 小学生に対する情報の科学的な理解の育成に関する学習の1つとしてアンプラグドコンピュータサイエンス (CS アンプラグド) に着目した. 本論文では 2012 年に実施された小学生対象の CS アンプラグドの学習イベントで, CS アンプラグドのトピックスの1つである「二進数」を実施した際の指導プログラムについて, 実践と評価を行った. 本論文では CS アンプラグドの学習活動を小学生に実施するにあたり, 小学生に対する学習効果, 講師の「二進数」を教えた経験の有無の影響などについて検討し, 小学生に対する 45 分間の授業として行う場合の推奨学年や指導プログラムなどについて検討した.

キーワード: 情報科学教育, 小学生, アンプラグドコンピュータサイエンス, 二進法

Implementation and Evaluation of a Teaching Program on “Computer Science Unplugged” for Elementary School Children

TAKEHARU ISHIZUKA^{1,a)} SUSUMU KANEMUNE² TATSUYA HORITA³

Received: August 5, 2014, Revised: November 27, 2014,
Accepted: December 20, 2014

Abstract: In this paper, Computer Science Unplugged (CS Unplugged) is focused as one of the learning methods for elementary school students to learn scientific understanding of informatics. In this paper, “Binary Numbers” of CS Unplugged was picked up to evaluate the learning effect with the instruction program in a learning event for elementary school children in 2012. In this paper, 1) Learning effect of CS Unplugged for elementary school students, 2) Teachers’ impact of the presence or absence of teaching experience on CS Unplugged were discussed for teaching CS Unplugged in the class at elementary schools. Recommended age and teaching program were also discussed in this paper.

Keywords: information science education, elementary school children, Computer Science Unplugged, Binary Number

1. はじめに

1.1 情報科学教育の重要性

平成 20 年度に改訂された現行の学習指導要領では, 情報教育に関する学習活動の充実が求められている. 日本に

おける情報教育は「情報活用能力の育成のための教育」と定義され, 情報活用能力は「情報活用の実践力」, 「情報の科学的な理解」, 「情報社会に参画する態度」の3観点で構成されると定義されている [1].

その中で, 情報の科学的な理解の育成に対する重要性は, 堀田 [2] や情報処理学会 [3] など主張されている. 一般に情報科学はコンピュータ科学やコンピュータリテラシーのように考えられている場合が多く見受けられる. しかし, 川合 [4] は情報科学を「いろいろな問題を解く過程あるいは解くやり方, すなわち問題解決そのものである」と述べており, 情報の科学的な理解と情報科学の理解とはまったく同じものでないが, 情報の科学的な理解の目指すところと

¹ 福岡工業大学短期大学部
Fukuoka Institute of Technology, Junior College, Fukuoka
811-0295, Japan

² 大阪電気通信大学
Osaka Electro-Communication University, Neyagawa, Osaka
572-8530, Japan

³ 東北大学
Tohoku University, Sendai, Miyagi 980-8579, Japan

^{a)} ishizuka@fit.ac.jp

大きく外れてはいないと考えられる。

1.2 小学校における情報科学教育の現状

平成 20 年度の学習指導要領の改訂を受けて、平成 22 年発行の「教育の情報化に関する手引」では、情報教育の体系的な推進についての提言や小、中、高校および各学年における情報教育の 3 観点の達成目標や具体的な指導例などが示された。小学校の教育課程においては、情報活用の実践力や情報社会に参画する態度の育成については多くの実践例が報告されているものの、情報の科学的な理解の育成に関してはほとんど行われていないのが現状であり、小学校段階での情報科学教育が不十分であるという課題がある。

1.3 アンプラグドコンピュータサイエンス

アンプラグドコンピュータサイエンス（“Computer Science Unplugged”，以後「CS アンプラグド」と表記する）は、Bell ら [5] によって提唱された、情報科学を小学生の子どもたちにも分かりやすく学ばせることを目的としたメソッドである。「アンプラグド」とは、コンセントにつながらず、すなわちコンピュータを用いずに情報科学を学習するという意味で付けられている。CS アンプラグドはこれまでに多くの国で実践されている [6]。日本でも年齢や学習者の特性に応じて活動内容や実践方法は工夫され、中学校 [7]、高等学校 [8], [9]、大学 [10], [11]、職業訓練校 [12] など授業の一環として実践され、学術論文として報告されてきた。しかし、小学校段階での CS アンプラグドの実践についての詳細な学術的な報告はほとんど見当たらない。

2. 本研究の目的

2.1 小学校における CS アンプラグド

日本の小学校において情報の科学的な理解に関する授業を制度的に行うかどうかは、最終的には政策レベルで決定する問題である。しかし、情報の科学的な理解に関する学習を小学校の授業として行うためには、日本の小学校教育で実施することが制度的に可能であることと、現職の教員が指導することが可能であること、そして小学校の児童に有効であることなどを明らかにする必要がある。

小学校において情報の科学的な理解の育成に関する学習を行う制度的な可能性については、石塚ら [13] は CS アンプラグドの学習活動と小学校での学習内容との一致について示し、CS アンプラグドが現行の教育課程で無理なく取り入れることができることを示している。

これまでに小学生を対象として行われた情報の科学的な理解に関する先行事例や先行研究としては、パーソナルコンピュータが普及しだした 1970～1980 年代頃から、プログラミング教育を題材としたものを多くあげることができる。小学生を対象とした CS アンプラグドを扱った実践事例としては、佐藤 [14] による総合的な学習の時間での取り

組みや情報オリンピック日本委員会のジュニア部門の活動としてのイベント [15] などがあげられる。

これらの CS アンプラグドに関する先行事例では、小学校高学年での情報の科学的な理解に関する学習活動の可能性を示唆しているといえる。しかし、情報教育が得意な教員が授業を担当している点や児童の理解度などについての詳細には言及されておらず、これらの先行事例をそのまま小学校の授業として取り入れることができるかどうかの判断ができない。

2.2 本研究の目的

本研究では、CS アンプラグドのトピックスの 1 つである「二進数」に対して、小学生を対象とした指導プログラムを開発し実践を行った。その実践結果より、

- 目的 1. 小学生での 45 分授業での学習効果（小学校での授業時間に相当する 45 分の学習時間での指導プログラムによる学習効果）
- 目的 2. 講師の「二進数」の教育経験の有無の影響（講師の「二進数」を小学生に教えた経験の有無の影響および、指導プログラムの分析および指導上の留意点など）
- 目的 3. 補助講師の CS アンプラグドの教育経験の有無の影響

について検討することを目的とする。なお、本論文では二進法で表現した数を二進数とよぶ。

3. 対象とした CS アンプラグドの学習活動

3.1 対象とした理由

本論文では情報オリンピック日本委員会と（株）富士通が開催している富士通キッズイベント 2012 [16] で行われた CS アンプラグド学習の実践を対象とした。富士通キッズイベントでは 2008 年より CS アンプラグドの学習を行っており [15]、2012 年度で 4 回目となる（2011 年は東日本大震災の影響で実施しなかった）。これまでの 3 回は小学生向け CS アンプラグドの学習に向けた実験的な要素もあり、毎回異なる内容の学習を計画し、メイン講師には CS アンプラグドの実践経験が豊富な教員を配置して実施していた。しかし、2012 年度からはこれまでに実践し蓄積した内容・教材・ノウハウを活用し、一般化を目指すためメイン講師を教員歴や CS アンプラグドの実践経験の異なる 3 名で実施する体制とした。このため、小学校で CS アンプラグドの指導経験のない教員が実施する状況を想定した場合と類似した環境であることが期待でき、本学習活動を分析対象として選定した。

3.2 対象とした学習活動の概要

本学習活動では小学校 4 年生から 6 年生までの児童を 90 名募集した。告知は富士通の Web サイト上で行い、保護

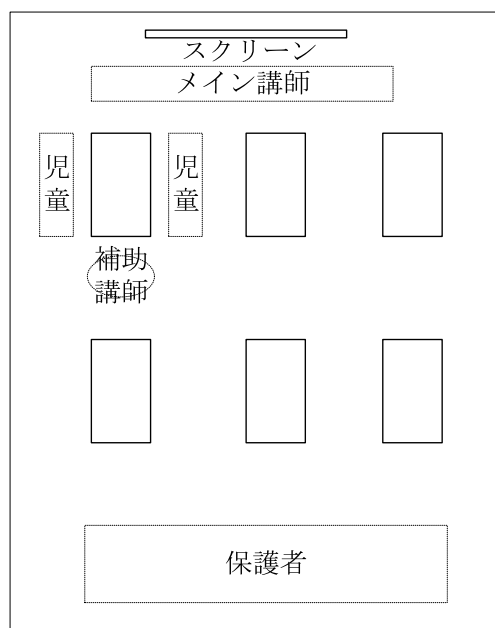


図 1 会場のレイアウト

Fig. 1 The layout of the venue.

者に Web サイトから参加申込を行ってもらった。応募人数は 120 名より多かったため、学年や性別のバランスを考えたうえで抽選して選考した。

会場のデザインは、前方からメイン講師が使用するスクリーン、中ほどに児童と補助講師が座るテーブルが 6 組、そして最後方に保護者が座る椅子が配置されている (図 1)。

本学習活動は 2012 年 8 月 4 日 (土) に 3 回実施された。1 回のイベントには児童約 30 名が参加し、あらかじめ学年や性別などにより偏りがないように 5~7 名程度ずつの 6 グループに分けられる。2012 年度は、「二進数」をテーマとして 40 分間の予定で実施された。学習の流れおよび担当スタッフは表 1 のとおりである。

表 2 は各回の講師の経歴を示している。メイン講師と補助講師は 1 回ごとに入れ替わった。ただし、補助講師は 2 回担当した人もいた。そのほかにスタッフとして富士通の関係者および当日別の学習活動を主に担当する NPO のスタッフおよび、教育学部の学生で構成されていた。なお、メイン講師と児童の間には知り合いであるなどの特定の関係はない。

表 1 の「数を作ってみよう 1」では、図 2 のような片面だけに「●」が 1, 2, 4, 8, 16 個描かれたカードを用意した。このカードを、代表として 5 名の高学年の児童にスクリーンの前で図 2 の順番で持たせる。たとえばメイン講師が「9」と指示すると、児童は図 3 のように「●」の数の合計が 9 になるように表裏を提示する。同様な活動を 1 から 31 まで繰り返す。次に「数を作ってみよう 2」で、グループごとに補助講師の指導の下で 1 から 31 までの数を表す練習を行う (図 4)。グループ練習の後、「数を作ってみよう 3」で児童は保護者席を向いて並び、メイン講師の

表 1 「二進数」学習の流れ

Table 1 Learning flow for “Binary Numbers.”

活動	時間	児童	担当スタッフ
導入	300 秒	着席	メイン講師
数を作ってみよう 1	300	代表者 (高学年) が前に出て二進数の演示	メイン講師
数を作ってみよう 2	600	グループワーク グループ毎に練習 (図 4)	補助講師とスタッフ
数を作ってみよう 3	300	グループワーク メイン講師の合図に合わせて一斉に示す	メイン講師、補助講師とスタッフ
まとめ 1	300	着席	メイン講師
ワークシート	300	個別ワーク (図 5)	補助講師とスタッフ
まとめ 2	300	着席	メイン講師

表 2 講師の経歴

Table 2 Career of the instructors.

回	メイン講師	補助講師 (6 名)
1	高校教員 教員歴: 約 25 年 小学生向け「二進数」の担当経験: 有り	大学・中高校教員 CSアンプラグドの実施経験: 全員有り
2	高校教員 教員歴: 約 20 年 小学生向け「二進数」の担当経験: 無し (他のテーマでの経験は有り)	大学・中高校教員 CSアンプラグドの実施経験: 有無が混在
3	高校教員 教員歴: 2 年目 小学生向け「二進数」の担当経験: 無し	大学・中高校教員 CSアンプラグドの実施経験: 有無が混在 (一部は第 1 回担当者)

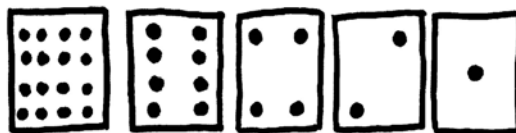


図 2 片面だけに「●」が描かれたカード [17]

Fig. 2 Cards filled with dots on one side only [17].

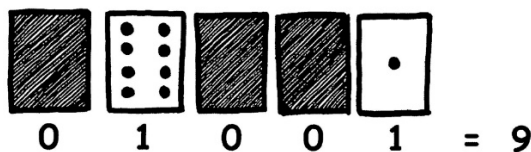


図 3 「●」の数が合計で 9 となる組み合わせと、二進法での表示の関係 [17]

Fig. 3 Example for the combination of cards which total dots are 9 in decimal and its binary notation [17].



図 4 グループごとの練習の様子
Fig. 4 Practice for each group.



図 5 「ワークシート」活動に取り組む様子
Fig. 5 Worksheet activities.

かけ声に合わせて指示された数になるようにカードの表裏を提示していく。「まとめ 1」では、メイン講師が「●」が描かれている面を 1、裏を 0 と表すと十進法で 9 という値は、二進法では 01001 と表記されることを伝える。続いて「ワークシート」活動では、個別に付録に示すワークシート学習を行う (図 5)。

4. 評価方法

本研究では 2.2 節で示した目的の 1 つである、児童の学習効果を検証するため、次のワークシートを用意した。

1 つは児童の二進法に関する既得知識の有無を把握するための、事前アンケートである。本実践では、あらかじめ学年や性別は 3 回の実践で偏らないように配慮したが、既得知識については申込時に情報を収集していないため、事前アンケートという形とした。事前アンケートは活動が始まるまでに着席した児童に対して行い、以下の項目を記入させた：

- 学年
- 氏名
- 「二進数 (にしんすう) って知っていますか？ どちらかに○をつけてください。：知っています, 知りません」

表 3 事前アンケートの結果

Table 3 Results of the questionnaire.

回	アンケートに回答した児童数 (人)				二進数を知っていると回答した児童数				「1000」が正しく回答できた児童数			
	学年			計	学年			計	学年			計
	4	5	6		4	5	6		4	5	6	
1	13	9	13	35	1	0	2	3	0	0	0	0
2	14	11	9	34	1	2	2	5	0	1	1	2
3	14	16	5	35	0	2	2	4	0	1	1	2
計	41	36	27	104	2	4	6	12	0	2	2	4

- 「『知っている』に○を付けた人だけに聞きます。二進数で 1000 を十進数にすると何になりますか？」。

もう 1 つは事後テストのために、付録に掲載した 2 枚のワークシートを用意した。1 枚目のワークシートは表 1 の「まとめ 1」の後に、二進から十進への変換の練習のため個別学習として行われた。また、1 枚目が終了した児童は 2 枚目に取り組んだ。1 枚目のワークシートは必要に応じて補助講師やスタッフが手伝い、頃合いを見計らってメイン講師が 1 枚目の正解と解説を行った。そのため、1 枚目は評価の対象にはしない。また 2 枚目の正解は後日 web で公開されると伝えた。

得られたデータから、講師間や学年間などの結果の違いを検討する。そこで、グループ間の比較を行う場合は、まず分散分析を行う。次に、多重比較を等分散性が見られる場合は (Tukey HSD, Scheffe, Bonferroni) を、等分散性が見られない場合は (Tamhane, Dunnett, Games-Howell) の検定を行い、有意差の有無を検討する。

また、指導上の留意点などについて検討するために、ビデオカメラ 1 台を児童のテーブルと保護者席の間に設置し、講師と児童を中心に会場の記録を行った。

5. 結果

5.1 事前アンケートの結果

表 3 は事前アンケートの結果を示している。104 名の回答者中、12 名が「二進数」という言葉を知っていると回答しているが、問題に正解した児童は 4 名で、問題に無回答の児童は 5 名であった。

5.2 ワークシートの回答結果

次に回収したワークシートの回答結果について示すが、1 枚目のワークシートは本学習活動中に正解を発表しているため分析の対象とはしない。2 枚目のワークシート (以後、「ワークシート 2」と表記する) に回答した正解文字数、正解率、中央値を表 4 に示す。なお、ワークシート 2 で記入できる文字数は最大で 11 文字である。

表 4 ワークシート 2 の回答結果

Table 4 Results for worksheet 2.

	回	4 年生	5 年生	6 年生	全体
正解率の平均値 (%)	1	88.3	87.0	93.0	89.7
	2	57.1	87.5	70.4	70.5
	3	59.5	82.5	90.0	74.4
	全体	67.8	85.2	84.9	78.3
正解した文字数の平均値	1	6.15	6.22	8.85	7.17
	2	2.43	5.82	6.56	4.62
	3	1.43	4.75	5.00	3.46
	全体	3.27	5.44	7.37	5.09
正解した文字数の中央値	1	5	6	11	9
	2	1	6	10	3.5
	3	1.5	3	4	2
	全体	2	4.5	10	4

表 5 計画時と各回での時間配分 (秒)

Table 5 Time allocation for each activity.

活動	計画	第 1 回	第 2 回	第 3 回
導入	300	170	170	210
数を作ってみよう 1	300	250	240	320
数を作ってみよう 2	600	630	660	560
数を作ってみよう 3	300	180	200	140
まとめ 1	300	330	370	360
ワークシート	300	850	720	710
まとめ 2	300	190	120	190
計	2400	2600	2480	2490

5.3 メイン講師による時間配分の結果

表 5 は本実践で計画されたプログラムによる学習活動の時間配分と実際の時間配分を示している。全メイン講師が計画よりも短い時間であったのが、「導入」、「数を作ってみよう 3」、「まとめ 2」であった。一方で、全メイン講師が計画よりも長く時間をかけたのは、「まとめ 1」と「ワークシート」であり、特に「ワークシート」は計画の 2 倍以上の時間を割いていたことが分かる。

6. 分析および考察

得られたワークシートの結果を基に、分散分析および多重分析を行い、考察する。

6.1 小学生での 45 分授業での学習効果

6.1.1 事前アンケートの結果と正解した文字数・正解率

事前アンケートの回答と 2 枚目のワークシートへの文字数および正解率の関係を表 6 に示した。「二進の 1000 を十進で正しく回答」した群、「二進数を知っていると回答したが不正解であった」群の人数がそれぞれ 4 名、3 名と

表 6 アンケートの回答と正解した文字数・正解率の関係

Table 6 Relations between the questionnaire and results of worksheet 2.

	人数	正解した文字数	正解率
二進の 1000 を十進で正しく回答	4	9.25 ± 1.03	100%
二進数を知っていると回答したが不正解	3	7.67 ± 1.67	84.8 ± 15.2
二進を知らない、または知っていると回答したが二進から十進への変換は無回答	97	4.84 ± 0.43	77.2 ± 3.9

少ないが、多重比較を行った。その結果、「二進の 1000 を十進で正しく回答」群と「二進を知らない、または知っていると回答したが二進から十進への変換は無回答」群の間に、正解した文字数および正解率に有意差 ($p < 0.05$) がみられた。なお、「二進の 1000 を十進で正しく回答」できた児童による結果への影響について、今後行われるすべての検定について対象となる児童を入れた場合と入れない場合を比較した。その結果、数値的および全体的な考察への影響はきわめて小さいことが判明したため、以降は原則として対象となる児童も含めての結果で議論する。

6.1.2 各回および各学年の正解率

正解率はワークシート 2 に記入された文字中、正解した文字数の割合を示している。なお、無回答も含めて正解した文字が 0 文字の場合は 0%とした。

表 4 の正解率の平均値より第 2 回の 4 年生と第 3 回の 4 年生が 50%台とほかよりも低い値を示している。しかし、各回間 (全体、学年別) および各学年間 (全体、回別) では、いずれも有意差がみられなかった。全参加者の平均正解率は表 4 より 78.3%であった。

なお、本論文で分析対象とした児童は、応募者の中から各回で学年・男女の割合が著しく異ならないように配慮したうえで抽選によって選ばれているため、各回における児童の間に能力の差はないものとして考えることができる。

したがって正解率からは、メイン講師、補助講師、学年にかかわらず、本実践を通して児童は二進数を十進数に変換することをおおむね理解できるようになったと考えることができる。

6.1.3 まとめ

本研究において扱った CS アンプラグドの「二進数」の単位では、①十進からカードを用いて二進表現できると、②ワークシートを用いて 1 と 0 の列を十進数に変換できることを目標としている。本研究では、②については十分な活動時間が確保できれば小学校 4 年生以上に対して学習効果があると考えられる。①についての学習効果の測定および②についての詳細な学習効果の測定などに

表 7 回と正解した文字数の関係

Table 7 Relations between event number and number of correct characters on worksheet2.

回	2	3
1	>	>
2		n.s.

表 8 各学年における回と正解した文字数の関係

Table 8 Relations between event number and number of correct characters on worksheet2 for each grade.

4 年生			5 年生			6 年生		
回	2	3	回	2	3	回	2	3
1	>*1	>	1	n.s.	n.s.	1	n.s.	n.s.
2		n.s.	2		n.s.	2		n.s.

表 9 学年と正解した文字数の関係

Table 9 Relations between students' grade and number of correct characters on worksheet2.

学年	5	6
4	<*2	<
5		n.s.

表 10 各回における学年と正解した文字数の関係

Table 10 Relations between students' grade and number of correct characters on worksheet2 for each event.

第 1 回			第 2 回			第 3 回		
学年	5	6	学年	5	6	学年	5	6
4	n.s.	n.s.	4	n.s.	<*3	4	<	n.s.
5		n.s.	5		n.s.	5		n.s.

については、本研究での知見を基に小学校での実践および評価を行うためのパッケージ（教材、教具および授業用資料）などを準備して検証を行う必要がある。

本プログラムを実施する際の推奨する学年および時間配分については、表 4 の正解した文字数の中央値より、半数以上の児童が全文字正解している合計時間が 2600 秒（＝43 分 20 秒）の第 1 回の時間配分で、6 年生を対象とすることが目安になると考えられる。特に、実際の小学校での授業では本実践のような補助講師を十分に付けることが期待できないため、6 年生での実施が推奨される。

6.2 講師の「二進数」の教育経験の有無の影響

6.2.1 各回および各学年の正解した文字数

表 4 の正解した文字数について、各回および学年間での検定を行った。表 7 は各回における正解した文字数の平均値を比較した結果を示している。なお、表 7（および表 8、表 9、表 10）における記号の意味は次のとおりである。n 行 m 列にある「<」は（n 行 1 列のグループの値）<（1 行 m 列のグループの値）の大小関係を示し、実施した多重分

析すべてで $p < 0.05$ で有意差がみられたことを意味する。なお、「n.s.」は no significant difference（有意差なし）を意味する。

表 7 より、第 1 回での正解した文字数は第 2 回、第 3 回に比べて多いことが分かった。各回の児童の男女比や学年などはほぼ偏りが無い点などから、メイン講師の影響が考えられる。第 1 回のメイン講師と第 2・3 回のメイン講師の違いは、これまでに CS アンプラグドの「二進数」を小学生に対して行った経験の有無である。また、表 5 より各メイン講師の時間配分を見ると、第 1 回のメイン講師が「ワークシート」活動にかけた時間は他のメイン講師よりも多かった。

表 7 に示される有意差がどこに起因するかを特定するために、各学年における回と正解した文字数の関係について検定を行った結果が表 8 である。表 8 の「>*1」は、Tamhane のみに有意差がみられ、他の多重比較は有意傾向（ $p < 0.10$ ）があったことを示している。

次に、各学年と正解した文字数の関係を示した結果が表 9 である。なお、表 9 の「<*2」は Tukey のみに有意差がみられ、他の多重比較は有意傾向（ $p < 0.10$ ）があったことを示している。その結果、4 年生の記入した文字数は 5 年生、6 年生と比べて有意に少ないことが分かった。

また、各回での学年による違いを調べた結果を表 10 に示す。なお、表 10 の「<*3」は有意傾向（ $p < 0.10$ ）があったことを示している。表 10 より第 1 回では学年間に有意差がみられないが、第 2 回の 4 年生と 6 年生および第 3 回の 4 年生と 5 年生との間で有意差および有意傾向がみられた。

表 8 および表 10 より、4 年生のみが各回の影響を受けていることが分かる。第 2 回と第 3 回では表 5 の正解した文字数の中央値より、4 年生はほとんど正解できていない状況であることから、その原因としてワークシート活動に十分な時間をかけた第 1 回とワークシート活動の時間が比較的少なかった第 2 回と第 3 回の違いが考えられる。本論文では、正解した文字数が 0 の場合は、正解率を 0%としているため、表 5 の第 2 回と第 3 回の 4 年生の正解率が低くなったと考えられる。

しかし、十分にワークシート活動に時間をかけた第 1 回での 4 年生の正解率は 88.3%で 5・6 年生と同程度の正解率であることから、十分にワークシート活動の時間をかければ、4 年生にも十分に学習効果が現れると考えられる。

6.2.2 まとめ

メイン講師の属性の違いによる影響については、教師経験が同等であるメイン講師がほぼ同等な時間配分を行っていた活動は、「導入」「数を作ってみよう 1, 2, 3」であった。一方で、CS アンプラグドの「二進数」を教えた経験のないメイン講師がほぼ同等な配分を行っていた活動は、「まとめ 1」と「ワークシート」であった。特に、CS アン

プラグドの「二進数」を教えた経験のある講師との差が大きかった活動が「ワークシート」であった。表4の正解した文字数の平均値や中央値の結果から第2回と第3回の4年生にはワークシート2にかける時間が足りなかったと考えられ、教員歴などよりも、メイン講師のCSアンプラグドの「二進数」を児童に教えた経験の有無による「ワークシート」活動への時間配分に起因している方が強いと考えられる。しかし、6.3節より児童の正解率に有意差がみられなかったことから、本実践の結果からはCSアンプラグドの指導経験がない講師でも、あらかじめ指導上の留意点などを伝えることで十分に指導することは可能であると考えられる。

今回メイン講師を務めた3名は全員、高等学校の教員である。しかし、第1回と第2回の講師は小学生向けのCSアンプラグドの講師経験もあり、特に第1回目の講師は小学生に対する話し方（問合いや小学生の目線で話すなど）で進めていた。また、図2のカードを用いた説明について、第1回のメイン講師は「点の合計で3を作ります」と説明し、第2回の講師は「カードに点が描いてありますが、その数を確認します」と説明した。これは、カードに描かれた点の数を利用することを、明確に児童に伝えているが、第3回の講師は「1・2・・・のカードで数を作ります」と説明しており、点の数がそのカードの数と等しいことに気がつくのに時間がかかった児童がいた可能性も考えられる。このことは、今後定量的に評価する必要があるが、小学生への指導経験の有無が影響している可能性が示唆される。

6.3 補助講師のCSアンプラグドの教育経験の有無の影響

補助講師に対する事前研修については、本実践の前日に簡単な打ち合わせを行ったが、都合がつかずに不参加の補助講師もいた。そのため実践時の補助講師の力量には差があったと考えられる。しかし、各回における補助講師の違いによるグループ間での正解した文字数および正解率には有意差がみられなかった。

CSアンプラグドの学習メソッドは児童にとって、理解しやすく設計されているが、特に本研究で扱った「二進数」では、補助講師の力量に強く頼らなくても児童の理解度が左右されなかったのではないかと考えられる。したがって、一般の小学校での実施の際も、補助講師に対するCSアンプラグドの指導経験の有無や専門性については、影響は大きくないと考えられ、事前に説明を行えば十分であると考えられる。

7. おわりに

本研究では、CSアンプラグドの「二進数」の学習活動を小学生に実施するにあたり、その指導プログラムの検討と効果について議論を行った。

6.1節より、小学校4年生以上の児童に対して学習効果

があったと考えられる。一方で、6.1および6.2節より、学年間や講師間の影響も見受けられるため、講師が小学生への指導やCSアンプラグドの指導に慣れるまでは高学年を対象とすることが望ましいと考えられる。本研究では、補助講師の違いによる影響は認められなかったものの、補助講師の有無そのものについての比較は行っていない。

今後の課題としては、「二進数」以外のCSアンプラグドの学習活動に対する効果や、補助講師の関与の有無による影響などを検討していく必要がある。また、本研究における参加児童は情報科学に興味のある児童（または保護者）の可能性が高いことが考えられるため、一般の小学校での実践研究が望まれる。

謝辞 本研究を遂行するにあたりご協力いただきました富士通キッズイベント2012の実施関係者の皆様および参加者の皆様に感謝申し上げます。本研究は、日本学術振興会科研費（課題番号：22500828, 24501073）の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 文部科学省：教育の情報化に関する手引（2010）.
- [2] 堀田龍也：小学校段階における情報の科学的な理解の学習指導に関する検討，日本教育工学会大会講演論文集，Vol.18, pp.479-480（2002）.
- [3] 情報処理学会：特集 未来のコンピュータ好きを育てる，情報処理，Vol.50, No.10, pp.957-1016（2009）.
- [4] 川合 慧：情報科学の基礎，日本放送出版協会，p.10（2007）.
- [5] Bell, T., Alexander, J., Freeman, I. and Grimley, M.: Computer Science Unplugged: School students doing real computing without computers, *New Zealand Journal of applied computing and information technology*, Vol.13, No.1, pp.20-29（2009）.
- [6] Computer Science Unplugged (online), available from <<http://csunplugged.org/>> (accessed 2014-11-16).
- [7] 井戸坂幸男，久野 靖，兼宗 進：コンピュータサイエンスアンプラグドに基づく授業方法改善の試みとその実践，日本産業技術教育学会誌，Vol.53, No.2, pp.115-123（2011）.
- [8] 間辺広樹，兼宗 進，並木美太郎：アンプラグド学習法を取り入れた情報A「デジタル化」単元の実践報告，日本情報科教育学会誌，Vol.3, No.1, pp.44-53（2010）.
- [9] 間辺広樹，兼宗 進，並木美太郎：CSアンプラグドのアルゴリズム学習における教具による理解度への影響，情報処理学会論文誌，Vol.54, No.1, pp.14-23（2013）.
- [10] 和田 勉：アンプラグドコンピュータサイエンスと板書講義を併用した大学でのアルゴリズムの授業，情報処理学会コンピュータと教育研究会報告，2009-CE-100(5), pp.1-7（2009）.
- [11] 石塚文晴：情報系短期大学における情報科学の授業へのアンプラグドコンピュータサイエンスの導入，日本教育工学会第28回全国大会講演論文集，pp.829-830（2012）.
- [12] 間辺広樹，兼宗 進，並木美太郎：障害者職業訓練校の情報教育，SSS2008，情報教育シンポジウム，pp.171-178（2008）.
- [13] 石塚文晴，兼宗 進，堀田龍也：アンプラグドコンピュータサイエンスの学習活動と小学校教科書との対応，情報処理学会論文誌，Vol.54, No.1, pp.24-32（2013）.
- [14] 佐藤和浩：学習指導要領移行期における小学校情報教育

の取り組み, 情報処理学会研究報告, Vol.2010-CE-103, No.18 (2010).

- [15] 西田知博: コンピュータ科学を楽しく学ぶ, 情報処理, Vol.50, No.10, pp.980-985 (2009).
- [16] 富士通キッズイベント 2012 (オンライン), 入手先 (<http://jp.fujitsu.com/about/kids/events/20120804/>) (参照 2014-11-16).
- [17] 兼宗 進: 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).

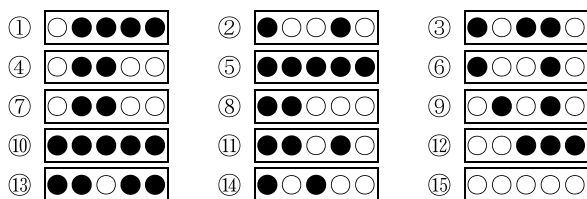
付 録

A.1 ワークシート 1 の概要

ストーリー概要:

ユウタはデパートの屋上に閉じ込められたが, 夜のためだれも近くにはいない。道の向こう側に仕事をしている女性がいるのが見えたため, 屋上にあった5個の祭りちょうちんを使い, それぞれの明かりをつけたり消したりして, 二進数のコードを使いメッセージを送った。このメッセージ (15 文字) を回答する。

メッセージ: (実際にはイラストで図示しているが, 本論文では「○」を明かりの付けた祭りちょうちん, 「●」を明かりを消した祭りちょうちんとして表す)



コード表:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
空白	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	な
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
に	ぬ	ね	の	は	ひ	ふ	へ	ほ	ん	

正解:

た	す	け	て	す	て	き	な	お	ね	え	さん
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

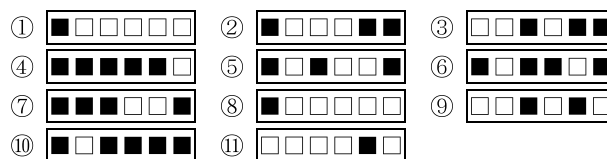
A.2 ワークシート 2 の概要

ストーリー概要:

おとり捜査官ジャックは, マフィアのアジトにもぐりこんだものの, つかまってしまった。部屋に閉じ込められたジャックは, 建物の外側を歩いている警官に, 部屋の6つの窓のカーテンを開けたり閉めたりしてメッセージ (11 文字) を送ることになった。

メッセージ: (実際にはイラストで図示しているが, 本

論文では「■」をカーテンを閉めた状態, 「□」を開けた状態として表す)



コード表:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
空白	あ	い	う	え	お	か	き	く	け	こ
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
さ	し	す	せ	そ	た	ち	つ	て	と	な
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
に	ぬ	ね	の	は	ひ	ふ	へ	ほ	ま	み
33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
む	め	も	や	ゆ	よ	ら	り	る	れ	ろ
44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
わ	を	ん	ゝ	ゞ	ゃ	ゅ	ょ	い	っ	ー
55	56	57	58	59	60	61	62	63		
～	。	!	?	「	」	⌘	⊕	⊖		

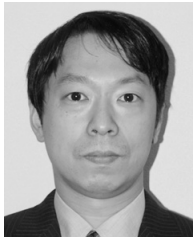
正解:

ま	ふ	い	あ	に	つ	か	ま	っ	た	⌘
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

推薦文

本論文は, コンピュータと教育研究会 123 回研究発表会 (2014 年 2 月 8 日開催) の発表に基づき, 小学校段階においてほとんど行われていない「情報の科学的な理解」の教育の実現可能性について, 実践を通じて論じている。小学校においては, 操作法, 調べ学習, 情報モラルなど実践力や情報社会に関する教育が先行しており, 情報科学については児童だけでなく教える側としても難しい分野であると認識されているのが現実である。これに対し, 本論文ではコンピュータを使わない情報科学の教育手法である CS アンプラグドを用いた実践を行い, 児童と講師の双方の条件から検証することによって, 小学校においても効果的な教育が可能であることを示している。本論文を読んだ教員が実践を行い, 情報科学の教育が小学校でも広がっていくことを期待したい。

(コンピュータと教育研究会主査 西田知博)



石塚 丈晴 (正会員)

1992 年東京理科大学理工学部卒業。
1994 年新潟大学大学院理学研究科修士課程修了。1997 年新潟大学大学院自然科学研究科博士後期課程単位修得退学。2008 年関西大学大学院総合情報学研究科博士後期課程修了。博士(情報学)。日本学術振興会特別研究員(DC)、静岡大学工学部助手・助教、メディア教育開発センター客員准教授、福岡工業大学短期大学部准教授等を経て、2014 年より同教授。情報科学教育、科学教育、教育工学等の研究に従事。日本教育工学会、日本教育情報学会、日本教育メディア学会等各会員。



兼宗 進 (正会員)

1987 年千葉大学工学部電子工学科卒業。1989 年筑波大学大学院理工学研究科修士課程修了。2004 年筑波大学大学院ビジネス科学研究科博士課程修了。博士(システムズ・マネジメント)。企業勤務後、2004 年から一橋大学総合情報処理センター准教授、2009 年から大阪電気通信大学医療福祉工学部教授、総合情報学部教授を経て、2014 年より工学部教授。プログラミング言語、情報科学教育に興味を持つ。ACM, IEEE Computer Society 各会員。



堀田 龍也

1986 年東京学芸大学教育学部卒業。
1995 年電気通信大学大学院電気通信学研究科博士前期課程修了。2009 年東京工業大学大学院社会理工学研究科博士後期課程修了。博士(工学)。東京都公立小学校教諭、西東京科学大学理工学部助手、富山大学教育学部助教授、静岡大学情報学部助教授、独立行政法人メディア教育開発センター准教授、文部科学省参与、玉川大学教職大学院教授等を経て、2014 年から東北大学大学院情報科学研究科教授。教育工学、情報教育の研究に従事。日本教育工学会、日本教育情報学会、日本教育メディア学会、教育システム情報学会、AACE 等各会員。