

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 7 日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23501038

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Development and Practice of a New Activity Type Information Processing Education from Elementary School to High School

研究代表者

鶴田 直之 (TSURUTA, Naoyuki)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号：60227478

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円、(間接経費) 600,000円

研究成果の概要(和文)：小学校から高校までの情報処理教育がリテラシー教育に偏重しており、科学教育が欠けている。そのため、電子情報系の学部の大学入試は、適性に基づいた選抜として十分に機能していない。そこで、アクティビティ型のコンピュータを必要としない(アンプラグドと呼ばれる種類の)コンピュータ科学を学ぶための新しい学習教材を開発した。この教材は、理科や数学の授業の一部、あるいは総合学習の時間、地域貢献の一環として行われる理科教室で利用可能である。また、研究期間中に小学生から高校生までに教材を活用した講座を実践してその有効性を検証するとともに、教員免許状更新講習でその普及に努めた。

研究成果の概要(英文)：The information processing education from elementary school to high school overemphasizes in computer literacy much more than computer science. Therefore, the university entrance examination of the faculty of information is not fully functioning as a selection based on aptitude of students. For overcoming this problem, we developed a new activity type learning materials for studying the computer science (kind currently called as it is unplugged), which does not need computer. These learning materials can be used as a part of classroom of mathematics and science, the time of integrated study, and a part of a local contribution performed as science classroom. Moreover, while we practiced to utilize these materials in lectures for from elementary school students to high school students, and verifying the validity, we strove to popularize these materials at the teacher's license renewal courses.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：情報科学教育 アクティブラーニング アンプラグド 深さ優先探索 スタック

## 1. 研究開始当初の背景

情報処理技術が国力を左右する時代において、各国で低学年から情報処理教育が行われている。その中で、2007年に発表された内閣府の分析では、「日本の労働生産性が2005年時点において主要国で最低水準にとどまっている」と報告された。原因は、「卸・小売業、運輸などサービス分野において情報技術の活用や規制緩和で差がついた可能性がある」とのことである。

これを背景に日本の小学校から高校までの情報処理教育を振り返ると、リテラシー教育へ偏重しており、情報科学の本質であるはずのアルゴリズム論・プログラミング論・情報理論、情報処理技術者に不可欠な人間力(デザイン能力・コミュニケーション能力・マネジメント能力・リーダーシップ)と電子技術の知識の教育が非常に不足していたと思われる。「パソコン環境の充実が追い付かない」、「誰が何を教えるべきなのかよく分からない」、「教科情報の教員免許を取ってもほとんど採用がない」といった現場の問題も解消する新しい教育法が必要である。

## 2. 研究の目的

小学校・中学校・高校における情報科学教育の目的を以下のように設定し、PBLやアクティビティを取り入れたアンブラグドと呼ばれるタイプの新しい教育方法と評価方法を研究・開発した。アンブラグドは、コンピュータを使わずに計算機科学を教える方法の総称である。

### <小学校>

アンブラグドを活用し、情報科学への興味を駆り立てる教育を行う。算数や理科、電子工作と組み合わせる情報処理の基本概念を教え、情報科学に関する現象の存在を教える。

### <中学校>

情報処理の仕組みを理解させ、類似の問題や発展的問題を日常生活や社会の中から探させることにより、情報科学的な探究心を育成する。アンブラグドのアクティビティに加え、発展的な問題を課して自主的な学習を促す。

### <高校>

情報科学を理解する数学的な枠組みを理解させ、プログラミングやデータベース利用、コンピュータやネットワークの仕組みを教える。これにより情報科学の高い素養を持つ人材の発掘を行う。あるいは、学生

が自ら自分の適性に気付き、高い適性を持つ者が情報科学や情報工学への道を選択するように指導する。

## 3. 研究の方法

本研究の目的を達成するためには、次の2点を具体的に例示することが重要である。

- 小学校から高校までの授業等で使用する教材、および授業の実践方法の開発
  - 情報科学教育に従事できる教員の育成
- そこで、教材の開発は電子情報工学科に所属する研究代表者と研究分担者1名の計2名で行い、教材を評価するための実施後のアンケート開発をエクステンションセンター所属の研究分担者1名が担当する。その際、既存のアンブラグドの教材を参考にして、もしくは国内外のアンブラグドのグループと連携して教材づくり、および授業の実践方法を具体化する。また、中学校、高校向けの教材は独自に開発する。特に、現在提案されて活用されているアンブラグドの教材には、スタックを使った深さ優先探索など、データ構造とアルゴリズムに関する教材が含まれていないので、これらを重点的に開発する。

実践による検証は、エクステンションセンター主催の市民講座、出張講義を通じて行う。地域の理科や数学の教諭ネットワークに協力を依頼して試行と改良を行う。情報科学教育に従事できる教員の育成については、教員免許更新講習で教諭の啓蒙活動と指導教育を行う。

## 4. 研究成果

### (1) 通信エラーが生じやすい赤外線送受信機

小学生向け講座では、まず、0と1を使って文字が表現できることを学習した後に0と1を使ってメッセージを送り合う「秘密のメッセージ」のアクティビティを行う。次に、通信時のエラーを考慮した誤り訂正のアクティビティに移るが、エラーが起こりうることに子供たちには分かり難い。そこで、2台のパソコン間で赤外線送受信機による赤外線通信のデモを開発した(図1)。

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変換器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。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。これを子供たちが見ることによって、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できる。

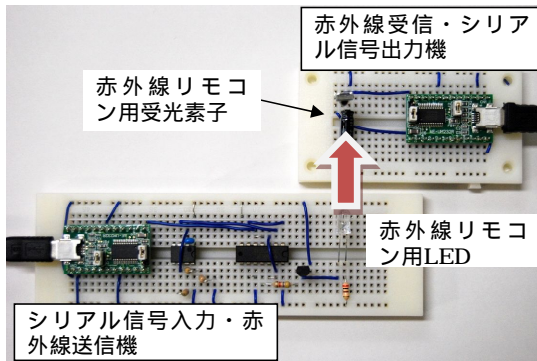


図1 パソコン間の赤外線通信のデモ装置

## (2) 二進数

オリジナルのアンプラグド教材に紹介されている「2進数」のアクティビティでは図2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、数を表現する符号の一つとして2進数を紹介している。しかし、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、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、図のカードに書かれているの個数の意味を理解させたい、数え上げの際の桁上がりのイメージを持たせたいというのが今回作成したアクティビティのねらいである。

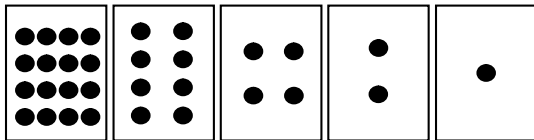


図2 2進数で使うカード

アクティビティは、2段階に分かれている。1段階目は、ピンポン球を使って2進数の数え上げの手順を理解するための手品である。4人が手のひらを上にして横一列に並び(図3)。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の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)。

<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  
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。

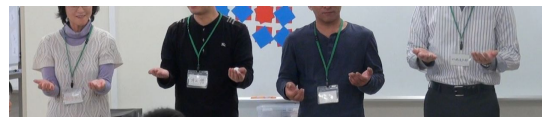


図3 2進数手品の風景

2段階目は種明かしである。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う(図4)。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。

<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。

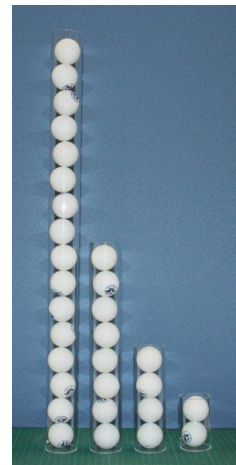


図4 2進数手品の種明かしの道具

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。このときA列とB列の状態は各安定状態で、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 列を見ただけ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。以上の説明は、図 2 のカードも併用して解説を行うことでより効果的になる。

この開発したアクティビティを 2011 年度以降の福岡大学市民カレッジ(公開講座)の一つとして実施している。参加者は、小学校 4 年生から 6 年生の 20 名程度である。実施後のアンケートによると、「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。

また、図 1 のカードのみを用いていた 2010 年度と 2011 年度とを比べると、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、2011 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。

### (3) 深さ優先探索とスタック

高校生が逆ポーランド記法とスタックを用いて四則演算を少ない空間計算量で行えることを目標に、木構造を深さ優先で辿りながら後行順に中間ノードを処理する手続きを分かり易く理解するためのアンブラグドのアクティビティを開発する。

具体的には、図 5 を用いて四則演算を木構造で表現できることを示し、計算の手順には複数の決め方があることを考えさせる。

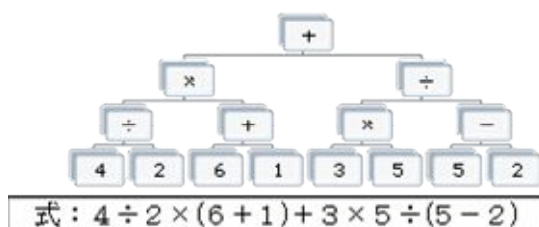


図 5 四則演算の木構造表現

また、数値と演算子、カッコの 1 文字ずつを書いたカードを配り、途中の計算結果を白紙のカードに書き留めながら計算を進めると、図 6 のように机の上にカードが広く散らばってしまうことを体験させ、計算に要する空間も節約できるのが良いアルゴリズムであることを理解させる。

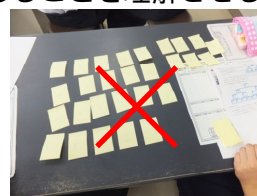


図 6 広い空間を要する計算法の例

次に、木構造のすべてのノードを辿る方法として深さ優先探索を紹介し、四則演算の木構造を深さ優先に辿り後行順に演算記号を配置することによって逆ポーランド記法が得られることを理解させる(図 7)。

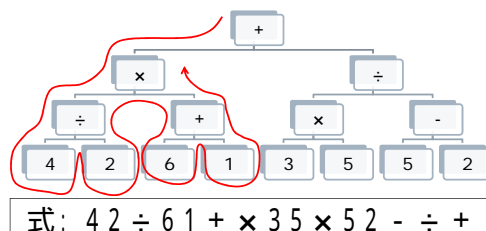


図 7 深さ優先探索と逆ポーランド記法

最後に、スタックを使った小空間型の計算アルゴリズムを実践して、その効果を理解させる(図 8)。

- 数字のカードをもらったら 順番に「スタック」に積み重ねる。積み重ねたカードの束をスタックと言う。
- 記号のカードをもらったら、スタックの上から順に 2 枚を取り出して計算をする。引き算と割り算の時には下にあった方から上にあった方を引いたり割ったりするので、順番に注意すること。計算結果は未記入のカードに書き留めてスタックに重ねる。使い終わったカードは「使い終わったカード」置き場

に捨てる。

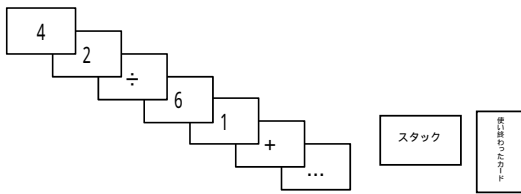


図8 小空間型アルゴリズムの体験

ただし、開発したアクティビティは、高等学校や中学校における講義での導入部分に利用できると同時に、小学生の中・高学年であれば単一のアクティビティとして理解可能なものとする。これにより、小学生でも、「木構造を深さ優先で辿りながら後行順に中間ノードを処理する」ことは日常でも役に立ちそうなことであると感じ、アルゴリズムへの興味を持てるようになるものと考えられる。

開発したアクティビティは、図9に示すような迷宮での宝集めを題材としたゲームである。生徒は内部が迷路のようになっている迷宮から宝物を集める。迷宮には出入口は一つしかない。迷宮の中にはたくさんの行き止まりがあり、それぞれの行き止まりに宝物が眠っている。生徒は、宝物を一つ残らず、集めて帰って来なければならない。その際、集めた宝を全て持ち歩くのはたいへんであるという理由から、なるべく持ち歩かなくてよいように迷路の歩く順路を工夫する。迷路で迷わないように、通路には印をつけても良い。

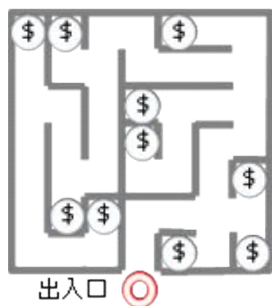


図9 宝探しの迷宮の例

学習では、「右手法」による迷路の解き方を生徒に教え、新しい迷宮の用紙を使い、右手法を実践させる。具体的には、壁の内側を右手で触りながら、途中で触っている手を右から左に変えることなく歩き回る。この方法によって全ての宝物を探し出せることを確かめさせる。

次に、四角い迷宮が木構造の迷宮を用いて表せることを学ぶ。生徒に図10を与え、一本道の曲がり角と交差点での枝分かれの方向、および分岐点や行き止まりの間の距離以外は、四角い迷路も木構造の迷路も同じであることを学ばせる。

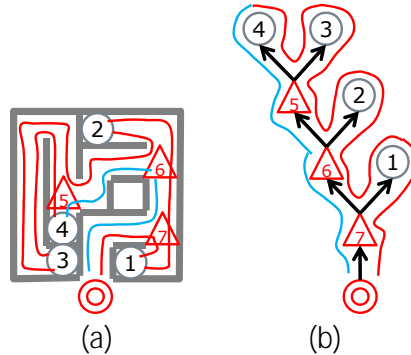


図10 (a)小さな迷宮と(b)対応する木構造

最後に、木構造の迷路の上で、木の外側を辿ることが、右手法に相当していること、交差点(図中の印)は必ず「行って帰る」こと、従って、宝は一旦交差点に集め、帰りに持って帰るのが良いこと、を学ばせる。そして、逆ポーランド記法は、演算の木構造を右手法で辿りながら、「交差点の帰りに宝を持って帰る」ことが「ノードで集めた数値の演算をする」という後行順に相当していることを学ばせる。

この開発したアクティビティを高校への出張講義の中で実践した。平成23年度には、このアクティビティを使わずに逆ポーランド記法の講義を30分間行ったが、深さ優先探索の理解が難しく、数式を逆ポーランド記法で表現できた生徒は、約半数であった。平成24年度には、前年度と同じ高校で開発したアクティビティを加えて実施した。迷路を右手法で正しく辿ることができた生徒は、40名中39名であった。迷路を木構造で表現できた生徒は36名、数式を逆ポーランド記法で表現できた生徒は、37名であった。逆ポーランド記法に関する説明時間を延長することなく高い正解率を得ることができたことは、提案したアクティビティの効果があったものと言える。

また、スタックを用いた小空間型の計算アルゴリズムの実践を平成23年度と同様に実施した。すべてのグループが時間内に最後まで終わることができ、アルゴリズムの面白さを理解し、感動が得られたようで

あった。また、平成 23 年度のように指示された手続きが文章から理解できているかどうか不安を感じて質問する生徒はいなかった。

平成 25 年度は、以上と同様の内容を福岡大学市民カレッジ（公開講座）の一つとして中学生に実施した。このアクティビティに使った時間は 1 時間であった。15 人の参加者全員がスタックの演習まで終えることができた。時間にゆとりがあれば、中学生でも有効であることがわかった。

#### (4) 教員免許状更新講習での普及活動

「小学校から高校までの情報処理教育」と題して、教員免許状更新講習で開発したアクティビティを含むアンプラグドの紹介を行った。平成 24 年度に 2 進数のアクティビティの実践事例と深さ優先探索のアイデア紹介を、平成 25 年度に深さ優先探索の実践事例を、教員免許状更新講習の題材として追加した。講習の最後にアンケートを実施した。(1)「今後、アンプラグドを自分で実践してみたいと思うか」、(2)「今後、自分でアクティビティを考えてみたいと思うか」、(3)「今後もアンプラグドの勉強会があれば参加したいと思うか」の設問に対して 5 点法で評価してもらった。結果は、以下のような平均点となり、教員の関心の高さが確認できた。

	平成 24 年度	平成 25 年度
設問 ( 1 )	3.9	3.9
設問 ( 2 )	3.9	3.8
設問 ( 3 )	3.5	3.5
参加者数	40 人	25 人

#### 5 . 主な発表論文等

( 研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線 )

〔雑誌論文〕( 計 0 件 )

〔学会発表〕( 計 2 件 )

- 1) 鶴田直之、吉村賢治、橋本浩二、高橋伸弥、廣嶋道子、深さ優先探索とスタックの利用を学習する CS アンプラグド教材の試作、情報処理学会研究報告、研究報告コンピュータと教育 ( CE )、Vol. 2012-CE-117、No. 14、pp. 1 - 8、2012.12
- 2) 吉村賢治、橋本浩二、高橋伸弥、鶴田直之、廣嶋道子、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、情報処理学会研究報告、研究報告コンピュータと教育 ( CE )、Vol. 2012-CE-114、No. 12、pp. 1 - 8、2012.3

〔図書〕( 計 0 件 )

〔産業財産権〕

出願状況 ( 計 0 件 )

取得状況 ( 計 0 件 )

〔その他〕

ホームページ等

<http://w3.tl.fukuoka-u.ac.jp/unplugged/>

#### 6 . 研究組織

##### (1) 研究代表者

鶴田 直之 (TSURUTA, Naoyuki)  
福岡大学・工学部・教授  
研究者番号：6 0 2 2 7 4 7 8

##### (2) 研究分担者

吉村 賢治 (YOSHIMURA, Kenji)  
福岡大学・工学部・教授  
研究者番号：4 0 1 6 7 0 0 2

##### (3) 研究分担者

廣嶋 道子 (HIROSHIMA, Michiko)  
福岡大学・エクステンションセンター・助手  
研究者番号：2 0 6 2 8 2 8 4