

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650515

研究課題名(和文)小中高校向け「情報の理」学教育のための教材・教具の開発

研究課題名(英文)Teaching Materials and Tools for Education of Information Science for Elementary, Junior High and High School Students

研究代表者

竹田 正幸 (Takeda, Masayuki)

九州大学・システム情報科学研究科(研究院・教授)

研究者番号：50216909

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：「情報の理」を探究する学問である情報理学を広く一般に浸透・定着させるために、特に小中高生を対象に「デジたま」と名付けた教材・教具の研究開発を行った。まず、従来作成してきたアンプラグド教具を再検討し、使いやすい教具の設計と作成を行った。一方、日頃使用するICT機器とその仕組み/原理との繋がりを子供たちに明確に意識させるため、それらのアンプラグド教材を代替するWebアプリの開発を行なった。これにより、通常はiPad等を用いておき、ポイントでのみアンプラグド教材を用いる、というやり方が可能となった。以上の教材・教具を用いて出前講義を行ない、その結果をフィードバックして、教材・教具の改良を行なった。

研究成果の概要(英文)：Information Science is a science that pursues the truth behind information phenomena whereas Physics is a science that pursues the truth behind natural phenomena. In order to widely spread essential knowledge on Information Science throughout people, we involved in developing teaching material and tools named "Digi-tama", aimed at elementary, junior high and high school students. First, we re-examined unplugged teaching tools we developed so far, and refined them. On the other hand, we also developed a set of Web applications substituting for the unplugged tools. This enables us to minimize time involved in activities with unplugged tools in our lectures, which are often time-consuming. We evaluated and improved the developed teaching materials and tools in visiting lectures at elementary and high schools.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：科学教育 情報基礎 情報の理 教育工学

1. 研究開始当初の背景

現代社会における情報通信技術の浸透は目覚ましく、人々は好むと好まざるに関わらず、社会インフラとしての情報通信技術に強く依存せざるを得ない。したがって、次世代高度情報化社会において、複雑化する社会情報基盤を支える基本原理について広く一般に向けて教育啓蒙することの重要性が顕在化することには、疑いの余地がない。

こうした中、我が国でも情報教育の重要性が強く認識され、2003年には高等学校教科「情報」がスタートし、その中で「情報の科学的理解」は重要な教育目標の一つに位置づけられた。しかし、「情報」担当の教員からは「情報の科学的理解」に重点を置いた情報Bは敬遠されがちであり、情報A、情報Cを選択する高等学校が多いのが現状である。その原因の一つは、「情報の科学的理解」の教育に必要な教材・教具が、まだ十分に整備されていないことにある。

このような状況に対応すべく、2007年には「情報」の教科教育を専門とする日本初の学会である日本情報科教育学会が設立された。その第3回全国大会(2010年6月)では、特別企画「小中学校の情報科教育」が企画され、内容が過剰で広くて浅い科目になった「情報」の一部を小中学校へ前倒し、小中高のトータルで「情報の科学」を教育する新しいステージに入るべき、という方向性が示された。また、大学入試への導入についてもホットな議論がなされた。

2. 研究の目的

次世代情報化社会において、複雑化する社会情報基盤を支える情報通信技術の基本原理について広く教育啓蒙することは、極めて重要である。2003年にスタートした高等学校の教科「情報」でも、「情報の科学的理解」を重視しているが、教材・教具等の整備が遅れており、現場の高校教員からは敬遠されているのが実情である。

本研究では、来るべき次世代情報化社会に備え、「情報の科学的理解」を純化した「情報の理(ことわり)」を一般に浸透させていくために特に小中高校生を対象として、必要な啓蒙的・教育的プログラムや教材・教具の開発を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、情報科学の基本事項について身体的実感を伴って学習できる教材・教具および教育プログラムを開発することを目的とする。より具体的には、次の3項目について研究を行う。

- (A) デジタル情報処理のメタファーとなる教具の開発。
- (B) 個々の情報機器の原理と仕組みを実感できる教材の開発。
- (C) アルゴリズム等の身体的理解に有効なアクティビティ等の開発。

研究の成果である教材・教具および教育プログラムの有効性の検証は、小中学校における総合的学習の時間、高等学校での出前講義や、地域と連携した科学教室のイベント等を通じて行う。また、日本情報教育学会や情報処理学会「教育とコンピュータ」研究会等で研究発表を行い、当該分野の研究者からレビューを受ける。

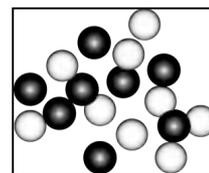
4. 研究成果

高度情報化社会に生きる我々は、社会インフラを支える情報通信技術に依存しており、その基本原理について広く教育啓蒙することは、極めて重要である。2003年にスタートした高等学校の教科「情報」は、「情報の科学的理解」を重視しているが、教材・教具等の整備が遅れており、現場から敬遠されているのが実情である。本研究では、「情報の理(ことわり)」を探求する学問である情報理学を広く一般に浸透・定着させるために、小中高校生を対象とし「デジたま」と名付けた教材・教具の研究開発を行なっている。「デジたま講座」の教育プログラムは、主として以下の4つから成る。

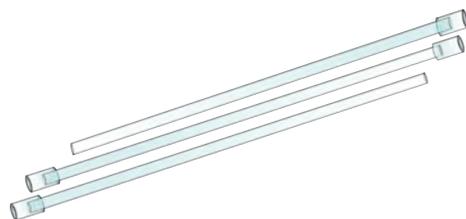
- ① 情報をつたえる (導入部)
- ② ころころファックス (画像情報を送る)
- ③ ころころトンパ (文字情報を送る)
- ④ ころころミュージック (音楽情報を送る)

4.1 転がしてわかるデジタルの仕組み

デジたまは直径12mmの白黒の球であり、通信路に見立てたアクリルパイプの中にデジたまを流す演習などを通して情報通信の原理を体験的に学ぶことができる。



『情報のデジタル化』においては、各種の情報を0と1で表現する手法を学ぶ。しかし、子供たちにとって、0と1は10進数の0,1を連想させ、理解を妨げかねない。そこで、0,1の代わりに白黒の抽選玉を用いることとし、これを『デジたま』と名付けた。情報の伝送においては、班と班の間にアクリルパイプを渡し、デジたまの並びをこのパイプを介して伝送する。



これらの教具は、②③④の実習に共通して用いており、メディアの種類に依存しない情報伝送を実感できる利点がある。

②では、ファックスを取り上げ、「人間ファックス体験」を謳い文句に、その仕組みを理解させるものである。子供たちは、(i)画像のデジタル表現、(ii)伝送、(iii)画像の再現、という3つのステップを体験する。(i)では、用意された絵の上から正方形の白黒のタイルを敷き詰め、16×16のドット絵に変換する。



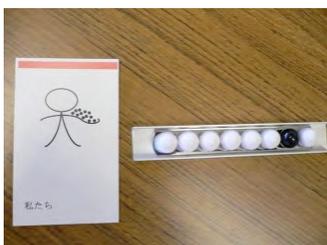
(ii)では、このタイル絵の各行を長さ16のデジたまの列に置き換え16回に分けて送信する。



(iii)では、送られてきたデジたまの列に基づき、16×16のタイルを並べることで絵を再現する。

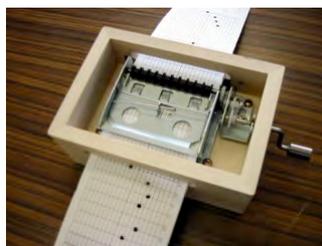
デジたまを256個送る作業はかなり大変で、学習者はデータ量の大きさを体験することになる。また、この作業を通じて、子供たちの多くはごく自然に run-length 圧縮に到達するようである。

③では、文字情報の伝送を行う。「文字も絵である」ことを明確にするため、象形文字のひとつであるトンパ文字を採用した。すなわち、250程度のトンパ文字を選出して1文字ずつ名刺大のカードにし子供たちに配布する。



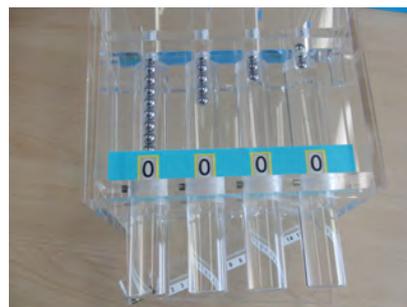
子供たちは4文字から成る「文」を作成し、それを用意したコード表に従って8個のデジたまの列として符号化し、伝送する。受け取った側は、符号表に従って復号する。トンパ文字を画像情報として送った場合に比べデジたまの量が少ないことから符号表の意義に気付かせるとともに、アスキーの符号表等と差し替えさせて「字化け」を体験させる。

④では、MIDI等のデジタル音楽について学ぶため、ペーパーラウンドオルゴールを採用した。



音を鳴らすタイミングと音の高さの対をデジたまで表現し、これを入力として与える。これを10進数に変換した座標を専用シートにプロットし、そこに穴をあけ、オルゴールにかけると音楽が再生される。子供たちに曲名を伏せておくと熱心に取り組むようである。

また、2進数学習用に特別な教具を設計・製作した。2進数の各桁に、それぞれ、1, 2, 4, 8個のパチンコ玉が割り当てられており、木製の棒を回転させると、その桁の玉だけが落ちて、音を立てながら下部に設置したレールに整列する。実際に使用したところ、多くの子供たちが熱心に繰り返し操作していた。ほかにも、タイルやブロックなどを用いた教具類を作成し、実習に用いている。



4.2 デジたま教材・教具の改訂

②の「ころころファックス」は、コミュニケーションツールとして身近な存在であった家庭用ファックスを取り上げ、「人間ファックス体験」を謳い文句に、その仕組みを理解させるものである。しかし、現在では家庭において子供たちがファックスに触れる機会は激減している。

そこで、子供たちの関心の高い携帯電話／スマートフォン／タブレット端末を取り上げる。これらが扱う情報が、画像、文字、音声など多岐にわたることに注意を向けさせ、デジたま講座の導入部①とする。

②の回は、(i)(iii)の部分をタブレット端末上で行い、(ii)のみをアンプラグドで行なうこととした。「タイルを並べる」「球を並べる／転がす」というアンプラグドな作業を子供たちに体験させることは本来デジたま講座の特長であったが、最近の子供たちはそのような作業に不慣れであることから、「球を並べる／転がす」に絞り、残りはプラグドにしたものである。これにより、作業時間が短縮され、学校現場において授業2コマの枠内に収め

ることも容易になった。

4.3 Web アプリの開発

4.3.1 ころころピクチャ

「ころころファックス」は「ころころピクチャ」と名称を改め、ICT 機器で扱う画像情報全般を対象とする。

ファックスにおいては、送信される画像は元画像に比べガタガタになるため、標本化において何が行われるかについて、直感的に理解されやすい。すなわち、ここには、

アナログ=滑らか

デジタル=ガタガタ

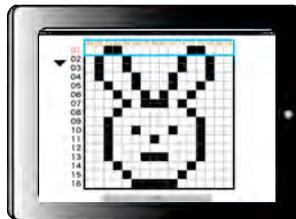
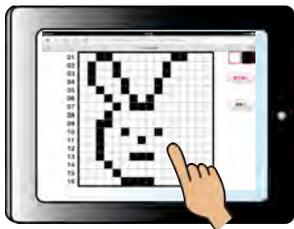
という対比が存在する。

だが、生まれた時から ICT 機器に囲まれた世代にとって、携帯やスマホの画面に表示される画像はもはや十分に滑らかであり、この対比は実感しにくい。デジタルカメラにおける標本化において、標本化の前後で滑らかさは少しも損なわれていないように見えてしまう。

そこで、まずは標本化を実感させるために、タブレット端末を用いてデジタル写真を撮影させ、得られた写真を拡大し、各ピクセルが大きな正方形になる様を見せることにした。困ったことに、iPad/iPhone では、拡大するとガタガタにならずに全体がぼやけてしまう。このため、別途画像拡大用の Web アプリを作成した。以下は、「ころころピクチャ」用のアプリのメニュー画面である。



上述の画像撮影と拡大のためのアプリ、白黒のドット絵を作成し1行ずつの送信を補助するためのアプリ、受信しドット絵を復元するためのアプリ、そのカラー版などのほか、光の3原色についての Web アプリを利用することができる。



4.3.2 ころころトンパ

「ころころトンパ」についても Web アプリを作成した。以下はメニュー画面である。トンパ文字を並べた文を作り、その送信を補助するためのアプリと受信したデジたま列からトンパ文字を復元するためのアプリから成る。



4.3.3 Web アプリ教材とアンプラグド教材

理論計算機科学の基礎を子供たちにわかりやすく理解させる教材としてBellらによるアンプラグド教材が知られており、世界各地で実践されている。この教材に対する批判のひとつに、学んだ内容が具体的な ICT 機器とどう繋がるのか子供たちにわかりにくく、理解の定着が得られないというものがある。

従来のデジたま教材においても、ファックス等を題材にするものの、実習において ICT 機器を使わなかったために、同様の問題点があった。今回、iPad を前面に出す教材に切り替えたことで、「プラグド→アンプラグド→プラグド」という流れになり、上記の問題はかなり改善されたと考える。

4.4 その他の研究成果

① 講座の開催

以下の講座を開催し、開発した教材・教具を評価した。

- ころころファックス, ころころトンパ, 2012年9月25日, 学校法人奥田学園創成館高等学校(長崎県諫早市), 高校1年生対象.
- ころころピクチャ, 2013年3月8日, 福岡県嘉麻市立大隈小学校. 5年生対象.
- デジたま講座～転がしてわかるデジタルのしくみ, 2013年7月29日, 折尾愛真高等学校(福岡県北九州市). 看護科学生対象.

②教材・教具の貸し出し

大分県立別府青山高校・情報科, 2013年10月19日, オープンキャンパス模擬授業にて使用. 中学生対象.

③受賞

本研究成果により, 日本情報科教育学会第6回全国大会(2013年6月29-30日)「優秀デモンストラーション賞」を受賞.

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 4件)

1. 竹田 正幸ほか. iPadを用いた「デジたま講座」教材・教具の開発. 日本情報科教育学会九州・中国四国支部第3回研究会, 2013年11月9日, 宮崎公立大学.
2. 竹田 正幸ほか. iPadを用いた「デジたま講座」教材・教具の開発. 日本情報科教育学会第6回全国大会. 2013年6月29日～30日, 東海大学高輪キャンパス.
3. 竹田 正幸ほか. 「デジたま講座」教材・教具の開発. 日本情報科教育学会九州・中国四国支部第2回研究会. 2012年11月3日, 日本文理大学湯布院研修所.
4. 竹田 正幸ほか. 「デジたま講座」教材・教具の開発. 日本情報科教育学会第5回全国大会. 2012年6月16日～17日, 信州大学工学部.

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://digitama.i.kyushu-u.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

竹田 正幸 (TAKEDA, Masayuki)

九州大学・大学院システム情報科学研究
院・教授

研究者番号: 50216909

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし