

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 27 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560092

研究課題名(和文)科学リテラシーとしての「情報の理」学教育

研究課題名(英文)Education of Information Science as Scientific Literacy

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) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、「情報の科学的理解」を純化した「情報の理(ことわり)」を探究する学問である情報理学を、現代人に必須な科学リテラシーとして、広く一般に浸透・定着させるために教育プログラムや教材・教具の研究開発を行うことを目的とする。これまでに開発したプラグド教材・アンプラグド教材を実際に講義で使用しその結果をフィードバックして教材・教具の改良を行うとともに、新しいWebアプリの開発や3Dプリンタを用いた教具の開発を行った。

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. Essential knowledge on Information Science can be considered as Scientific Literacy for people living in the information society. We have involved in developing teaching material and tools, where some tools are unplugged and others are plugged. We used our teaching materials and tools in University Lectures and improved them based on feedbacks. We also developed new sets of teaching materials and tools as Web applications and new sets of unplugged tools by exploiting 3D printers.

研究分野：情報科学

キーワード：情報の理 科学教育 情報学基礎

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。

2. 研究の目的

現代社会における情報通信機器の浸透は著しく、社会インフラを支える情報通信技術の基本原理について、初等・中等教育から高専教育までの一貫した体系的な教育を行うことは、きわめて重要である。2013年に衣替えした高等学校の教科「情報」では、単なる「ソフトの使い方」を脱し、「情報の科学的理解」を重視している。しかし、現場においては、「情報の科学」の内容が難しく担当できる教員が少ない等の理由で、依然として多くの高校がワードやエクセルの使い方に終始している。本研究では、「情報の科学的理解」を純化した「情報の理（ことわり）」を探究する学問である情報理学を、現代人に必須な科学リテラシーとして、広く一般に浸透・定着させるために教育プログラムや教材・教具の研究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、小中高校での出前講義、科学教室のイベント等を通じて行う。また、日本情報教育学会等で研究発表を行い、当該分野の研究者や現場の教員からレビューを受ける。

4. 研究成果

(1) はじめに

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。代表者らは、「情報の理（ことわり）」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、2004年頃より、小中高校生を対象とし情報理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育プログラムの実践および教材・教具の開発を行ってきた[1]。

情報機器の原理や仕組みを理解するためには、これらをわかりやすいモデルに置き換えて学ぶことが重要である。研究代表者らは、「情報理学における分子模型」をキャッチフレーズに、「デジたま」と名付けた白黒の玉を中心とした教材・教具の開発を行っている。

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アンプラグド教材[2]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。

デジたま教材においても、ICT 機器を題材にしなが、実習においてそれを使用しないため同様の問題点があった。そこで、iPad 等で動作する Web アプリを開発しこれを併用することにした[3]。これにより、「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。

しかしアンプラグド教材の開発は、自作すると手間がかかり、業者に発注するとコストがかかるという問題を抱えている。そこで、教材・教具の試作に 3D プリンタを使用してみたところ、開発の作業効率を改善できる見通しを得た[4]。

(2) 教材・教具

代表者らは、「転がしてわかるデジタルの仕組み」を謳い文句に、「デジたま講座」と名付けた教育プログラムを作成し、小中高生を対象に実践してきた。これは、『情報のデジタル化』を小学校低学年にもわかるよう工夫したものである。

『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。画像情報、文字情報、音声情報、音楽情報(MIDI)などを扱う。

① 画像情報の表現

画像においては、用意した白黒の絵を 16×16 のドット絵に変換させる。これには、正方形の白黒のタイルを用いた(図 1)。

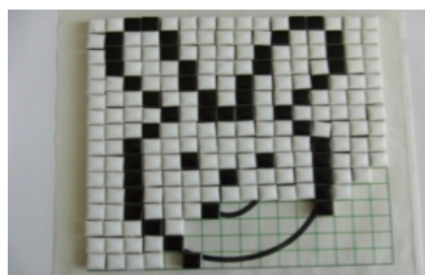


図 1 タイル絵

伝送の際は、これを1行ごとに白黒のデジたまに置き換え、アクリルパイプで伝送する。受信側はそれを1行単位で受け取る。この作業には、1行分のデジたま16個を並べる『デジたま送受信トレイ(16玉用)』を用いる。

受信側は、元の絵を復元する。本来であれば、送られてきた16個×16行のデジたまをタイルに置き換えるところだが、作業に時間がかかる割に学習効果が期待できない。そこで、デジたまそのものを並べることにした(図2)。この教具を『玉並べボード』と呼んでいる。



図2 元絵の復元

② 文字情報の表現

「文字は絵である」ことを理解させるため、象形文字のひとつであるトンパ文字を採用した。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た『トンパ文字カード』を各班に配布する。子供たちはこれから4文字を選んで「文」を作成し、それを『トンパ文字コード表』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、『トンパ文字コード表』に従って復号する。

デジたまの送受信には、1文字分のデジたま8個を並べる『デジたま送受信トレイ(8玉用)』を用いる。

また、受信側がコード表を用いて復号した文字をトンパ文字カードの中から探し出すと手間がかかる。そこで、『トンパ文字コード表マグネット版』を用いることにした。これは、コード表の1文字ずつを取り外し可能としたもので、具体的にはコード表をマグネット用紙に印刷し、1コマずつ切り離して作成した。コード表をホワイトボードの上に貼っておくことで各コマが磁力で吸着する。

③ 動画像情報の表現

動画は、基本的に静止画の時系列であり、動いて見えるのはいわば目の錯覚である。そこで、手にとって体験できるアニメーション教材として、ソーマトロープ、フェナキステイスコープ、ゾートロープ、ペラペラ漫画、スキャニメーションなどを用意した。ペラペラ漫画とスキャニメーションについては、か

なりクオリティの高いものが書籍として市販されている。スキャニメーションについては、著作権フリーの素材(静止画4つから成るアニメーション)をもとに自作し、その仕組みが見て取れるようにした。

通常のゾートロープは、スリット越しに絵を見ることにより絵が切り替わっていく仕組みだが、レコードプレーヤーとマルチストロボを用いると、かなり鮮明なアニメーションを見せることができる。さらに、立体のオブジェクトを並べることで、『立体ゾートロープ』を自作することもできる(図3)。



図3 立体ゾートロープ

また、同じ原理のものとして、『ウォーターパール』を自作し合わせて用いている。レコードプレーヤーの回転の周波数に対しマルチストロボの明滅の周波数を自らの手で変化させてみることにより、その原理について理解が深まる。

④ 音楽情報の表現

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(図4)。

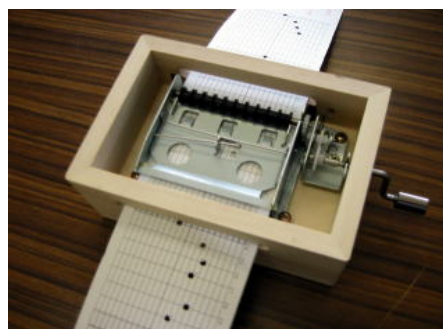


図4 ペーパーラウンドオルゴール

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た『デジたま楽譜』を用意し、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。

教材開発としては、選定した楽曲の『デジたま楽譜』化である。これには、MIDIデータを『デジたま楽譜』に変換するソフトウェアを作成して用いている。

⑤ 音声情報の表現

PC上で動作する音声編集ソフトウェアを用いて、マイクから音声を入力させその波形を様々な編集させる演習を中心にした。出来上がったものを音声ファイルに保存して提出させる。アナグラムなどはかなり熱中して取り組むようである。

⑥ 情報源符号化に関わる教材・教具

トンパ文字の符号化においては、固定長符号を扱ったがここでは可変長符号を扱う。

符号化については、様々な長さの符号語を並べる作業を体験させる。まず情報源アルファベットのサイズは4とし、1から3程度の長さを持つ符号語からなる可変長符号を幾つか用意する。各符号語をデジたままで表現するために、抽選玉と同じサイズの白黒のビーズを用意し、テグス糸を通して符号語としたものを用意した(図5)。符号語と符号語を接続できるように作ってある。

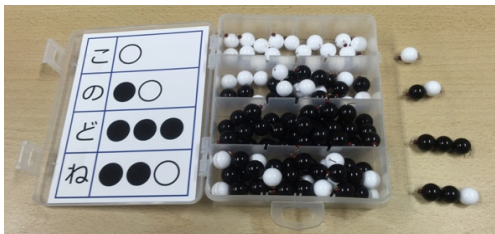


図5 可変長符号(手作り)

一方、復号においては、符号語の切れ目をどうやって知ることができるか、という点が重要である。そこで、切れ目のない単なるビット列を与え、それを符号語に分割させる作業を体験させることが重要である。そこで、テグス糸を通した20個程度のビーズの列に対して符号語の切れ目に鱗口クリップを挟んでいく教具を作成した(図6)。いずれも製作は手作業であって、量産は困難である。

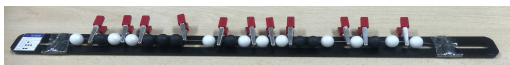


図6 符号語分割(手作り)

(3) 手作りの限界・外注による製作

初期においては、教材はすべてスタッフの手作りであった。タイル、アクリルパイプ、アルミ材、ワッシャー等は、ホームセンターや100均で、ビーズは手芸用品店、テグス糸は釣り具店で調達した。

たとえば『玉並べボード』は、抽選玉256個が16×16に整然と並ぶようにしたい。このためには、アクリル板等の然るべき位置に然るべきサイズの穴を穿つだけでいいのだが、素人作業では穴の位置やサイズが不安定になる。そこで、四角ナットを256個敷き詰めることとした(図7)。

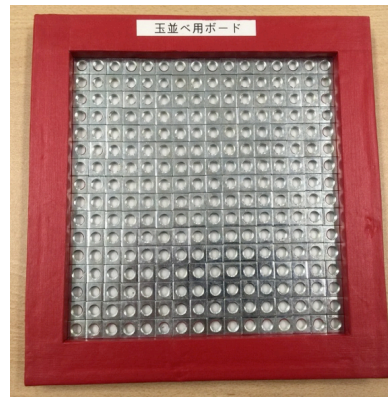


図7 玉並べボード(手作り)

出来栄には満足がいくが、256個の四角ナットはかなり値が張るし、かなりの重量となる。製作にもかなりの手間がかかる。

また、『デジたま送受信信用トレイ』は、「コ」の字型アルミ材を適当なサイズに切ったものを用いて作成した。デジたまが動かないようにするために抽選玉を載せるワッシャーを個数分貼り付けていた。その後、16個や8個の穴の開いた「曲げ板」の存在を知り、早速これを貼り付けることにした(図8)。



図8 デジたま送受信信用トレイ(手作り)

このように、教具の材料探しは偶然に頼ることも多い。そこで、これらの製作を業者へ発注することにした。

『玉並べボード』については、軽量で正確なものが出来上がった(図9)。しかしながら、1セットで約1万円前後という、とても高価なものとなった。

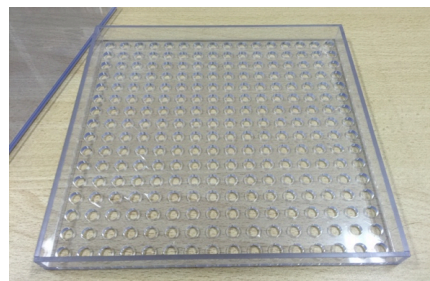


図9 玉並べボード(外注)

また、送受信信用トレイは、演習をスムーズに進行させるためにTAによる「現場の声」を反映した。(i)トレイとパイプを接合可能にし、演習中に抽選玉が飛び散る事故を防ぐ。(ii)送信用には着脱可能な蓋を付け、穴の上に玉を並べた後で上下を反転して送信でき

るようにする。(iii)受信用は、単なるパイプの端を閉じたものにする。

出来上がった送信用トレイと受信用トレイを、それぞれ、図 10 と図 11 に示す。

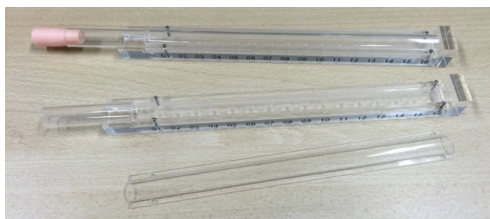


図 10 デジたま送信用トレイ (外注)



図 11 デジたま受信用トレイ (外注)

この改良により大変使いやすくなったが、極めて高価なものとなった。その結果、(4人1班として)8班分程度の教材しか用意できなかった。

「金型を作って大量生産すれば品質は安定し1つあたりの単価も下がる」理屈だが、教材として完成し多くの需要が見込まれるものならいざ知らず、開発途上のものであるから、大量生産など夢のまた夢である。いずれにせよ、もう少し認知され試用してもらわなければならないが、それにはある程度の個数を製作し無償で配布したい。

また、当然ながら、発注に際しては正確な図面を作る必要があり設計の不具合が見つければまた発注し直しである。開発途上であるため、試作の度に経費をかけることはできない。といって自作すると手間がかかる。

(4) Web アプリの開発

このような事情から、教材の一部を PC や iPad 上で行うことのできる Web アプリの開発に取り組んだ。iPad の使用は、「最先端の技術に触れたい」という子供達や父兄の希望とも合致しており、イベント開催時の集客力の観点からは好都合である。

例えば、画像情報の表現において『タイル並べボード』にタイルを並べる作業は、手先の器用でない子供たちにとって、かなり時間がかかる。そこで、iPad で動作する Web アプリを開発した。また、受信側でデジたまを『玉並べボード』に並べる作業も iPad 上で行うことができるようになった。その結果、『タイル並べボード』と『玉並べボード』の製作は不要となった。

ただし、情報伝送の部分(すなわち、デジたまをトレイに並べ、アクリルパイプに流し、それを受信側が受け取る)は従来通りであ

る。

文字情報の表現においては、送信側のために、トンパ文字コード表を画面に表示し、それを4つ選ぶことで作文できるような Web アプリを作成した。受信側のためにはビット列を復号するための Web アプリを作成している。ビット列の入力のためには、クリックする度に白と黒が反転する円を8個並べたインタフェースを用意している。これにより、『トンパ文字カード』と『トンパ文字コード表マグネット版』は不要となった。ただし、トンパ文字で作文する際の一覧性の観点から、『トンパ文字コード表』については紙媒体のものを配布している。

基本的には PC や iPad 上で動作する Web アプリ等のプラグド教材を用い、ここぞというところだけアンプラグドでいこう、という方針に転換した。

(5) 3D プリンタの活用

上記の方針転換により、製作すべきアンプラグド教材・教具の種類は減ったものの、やはり手間や経費がかかってしまう。そこで、3D プリンタの導入を検討したところ、安価でかつ性能が良いものが市販されていることがわかった。購入したのは AFINIA 3D 社の H800 という製品である。造形サイズは、255×205×205[mm]とかなり大きく、大きめの教具の製作が可能である。入力データ形式は STL であり、他のソフトウェアで 3D データを作成したのち、STL 形式に変換すればよい。

精度が気になるところだが、レゴブロックに類似したブロックの STL データを入手し試作してみたところ、ブロックの結合部分が甘かったりきつかったりといった問題もなく、十分実用に耐えるものとわかった。

そこで、可変長符号における符号語を格納した様々なサイズのブロックを作り、これをレゴブロックのように結合することを思いついた(図 12)。

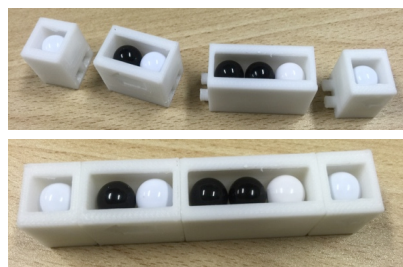


図 12 可変長符号語ブロック(3D プリンタ製)

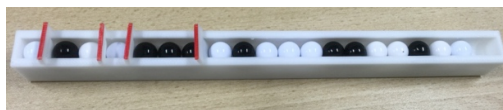


図 13 符号語分割 (3D プリンタ製)

また、復号用には長めのブロックを作成するとともに、符号語の切れ目に入れる仕切りも作成した(図 13)。

さらに、マルチストロボを用いた立体ゾートロープのために、アニメーションに用いるオブジェクトを試作した(図14)。



図14 立体ゾートロープ
(ひよこが3Dプリンタ製)

(6) まとめと今後の展開

「情報の理」学教育に用いる教材・教具の製作について述べた。九州大学基幹教育理系ディシプリン科目「情報科学」においても一部デジたま教材を取り入れている[5, 6]。今後は、Webアプリ等を用いたプラグド教材と3Dプリンタ等で作成したアンプラグド教材を組み合わせたバランスの良い教育プログラムの構築を目指したい。

<引用文献>

- ① 竹田, 池田, 脇田, 池内: “転がしてわかるデジタルの仕組み~デジたま講座における教材・教具の開発~”, 日本情報科教育学会誌, 3巻, 1号, pp.73-74 (2010).
- ② Bell ほか: “Computer Science Unplugged... off-line activities and games for all ages”, (1998).
- ③ 竹田, 池田, 谷口, 脇田, 池内: “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, デモ発表 (2013).
- ④ 竹田: “3Dプリンタを活用した「デジたま」教材・教具の開発”, 日本情報科教育学会第7回研究会, (2016).
- ⑤ 竹田, 島田, 緒方: “科学リテラシーとしての「情報の理」教育の試み”, 日本情報科教育学会第7回全国大会, (2014).
- ⑥ 竹田: “デジたまを用いた科学リテラシーとしての「情報の理」学教育”, 日本情報科教育学会第7回全国大会, デモ発表 (2014).

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 2件)

- ① 竹田 正幸, 島田 敬士, 緒方 広明, 科学リテラシーとしての「情報の理」学教育の試み, 日本情報科教育学会第7回全

国大会論文集, Vol.7 pp.53-54 (2014).

- ② 竹田 正幸, デジたまを用いた科学リテラシーとしての「情報の理」学教育, 日本情報科教育学会第7回全国大会論文集, Vol.7, pp.121 (2014).

[学会発表] (計 5件)

- ① 竹田 正幸, 3Dプリンタを活用した「デジたま」教材・教具の開発, 日本情報科教育学会第7回研究会, 2016年11月5日, コンパルホール(大分県大分市)
- ② 竹田 正幸, デジたまを用いた科学リテラシーとしての「情報の理」学教育, 日本情報科教育学会第3回研究会, 2014年11月15日, 北九州市立大学(福岡県北九州市)
- ③ 竹田 正幸, 科学リテラシーとしての「情報の理」学教育の試み, 日本情報科教育学会第7回全国大会, 2014年7月19日~20日, 千歳科学技術大学(北海道千歳市)
- ④ 竹田 正幸, デジたまを用いた科学リテラシーとしての「情報の理」学教育, 日本情報科教育学会第7回全国大会, 2014年7月19日~20日, 千歳科学技術大学(北海道千歳市)

[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://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

(4) 研究協力者

なし