

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：16102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25381261

研究課題名(和文) 情報機器変遷史を考慮した技術・情報教育のための希少技術遺産復元教材の開発

研究課題名(英文) Development of Teaching Materials for Technology and Information Education by Restoring Rare Technological Legacy Related to History of Computing

研究代表者

菊地 章 (KIKUCHI, AKIRA)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：20127822

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、情報機器変遷史に関連した技術・情報教育のための希少技術遺産復元教材を開発することを目的としており、情報機器変遷史に関連する復元教材の技術・情報教育における有用性を中心にして研究を進めた。このとき、文字・数字の記録と計算、計算具の発達、機械式計算機の発達、コンピュータの発達の流れの中での技術・情報教育のための希少技術遺産復元教材の開発を行った。特に、計算機器変遷の中での教材として有効な機器を体系的に整理するとともに、石による復元、木材による復元、歯車により復元、3Dプリンタによる復元を組み合わせ、技術・情報教育のための希少技術遺産の復元教材を開発した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of the research is to develop the teaching materials for technology and information education by restoring a rare technological legacy related to the history of computing. The efficiency of restored teaching materials in the technology and information education is also considered on this research. The teaching materials are produced according to the stream of character recording, numerical calculation, calculating tools, calculation machines and computers. The systematically ordering of the teaching materials is also accomplished. Further, the restored teaching materials for the technology and information education are produced by using stones, woods, mechanical wheels and 3D printer.

研究分野：技術・情報教育

キーワード：情報機器 計算機器 情報機器変遷 計算機器変遷 ヲパナ そろばん ネイピア棒 シッカーの計算機

1. 研究開始当初の背景

我が国における情報教育は、1970年の大学における情報工学科ならびに情報科学科の設置に始まる。引き続き高等学校専門学科での情報教育が開始されたが、普通教育としての情報教育は1993年からの中学校技術での情報基礎教育からであり、現在の小・中・高等学校での技術・情報教育は現在の社会のみに焦点を当てた近視眼的な学習内容となっている。将来社会の中で中心的な役割を担う若者の育成のためには、児童・生徒が社会に巣立って活躍する10年、20年後の将来展望を伴った技術・情報教育内容とすべきである。現在の技術・情報教育内容では情報に関わる社会の変化をコンピュータの変遷を主体にして取り挙げているが、これはほんの70年程度の変化のみで、紀元前からの本質的な変化を扱ったものではない。そのため、紀元前からの情報機器の変遷や近年の情報環境変化を意識させた情報教育教材の開発は、今後の技術・情報教育を考えるうえで必要不可欠であり、3次元カラー造形プリンタを用いた情報機器変遷に関連した希少技術遺産復元教材を開発することは有益となる。

2. 研究の目的

中学校技術教育における情報教育や高等学校における情報教育では、今後の高度情報社会の中で精神的に豊かな生活を送ることができる能力の育成が意図されている。将来の社会の動向を推測するためには過去からの流れを学ぶ必要があり、特に情報教育においては紀元前から今日までの情報機器ならびに情報環境の変化を意識して学習を進めることが重要である。これまでの研究では、紀元前から今日に至るまでの計算具や計算機器を世界の博物館を訪問して調査し、大量の画像情報として蓄積してきた。本研究では、新たな情報収集を行うとともに、3次元カラー造形プリンタにより既に収集している希少技術遺産画像情報から立体教材を復元する。また、学校教材として配布・流通させることができる希少技術遺産復元教材を伴った情報機器変遷史を意識した技術・情報教育教材を開発する。

3. 研究の方法

本研究では、情報機器変遷史を考慮した技術・情報教育のための希少技術遺産復元教材を開発することを目的としており、情報機器変遷史に関連する復元教材の選定や技術・情報教育における復元教材の位置付けの明確化を中心にして研究を進めていく。このとき、文字・数字の記録と計算、計算具の発達、算盤の発達、機械式計算機の発達、コンピュータの発達の流れの中での技術・情報教育のための希少技術遺産復元教材の開発を行う。

4. 研究成果

(1) 文字・数字の記録と計算から見た情報機

器変遷

文字の発達の観点では、エジプトのヒエログリフが有名であるが、同時にマヤ文明でのマヤ文字も有名である。特に、マヤ文明での20進数の利用は、欧州での10進数を主体とした数の利用とは異なり大きな数値を短い表現で扱え、独自の文化として発展したことは注目に値する。

図1は、パピルスに描かれたヒエログリフであり、図2は大英博物館展示のマヤ文字である。また、図3は中国で発掘された竹簡であり、腐りにくいために長期の記録物として残っている。



図1 ヒエログリフ 図2 マヤ文字



図3 中国の竹簡(左)と書かれた文字(右)

また、文字を持たない文化の中での数の記録として、沖縄の藁算が有名である。図4のように沖縄県公文書館では藁算写真を焼き物としてロビー上部に展示しているが、図5のように藁算は中国の程大位珠算博物館にも展示されており、琉球王朝と中国の交流を藁算の観点からも検証することができた。



図4 沖縄県公文書館藁算 図5 中国の藁算

一方、インカ文明ではキープと呼ばれる結び縄文字が利用されており、ペルーの国立人類学考古学歴史博物館(図6左)、ラファエル・ラルコ・エレラ博物館(図6右)、リマ美術館、中央準備銀行博物館等に保存・展示されている。このように、文字を持たない文化の独自の発達の様子も教育的価値がある。



図6 ペルーの博物館保存のキープ

(2) 計算具の発達から見た情報機器変遷

ギリシアのサラミス島で発見され、ギリシア碑文博物館に保存・展示されている紀元前の計算具であるサラミスのアバカス(図7)は、赤線で強調しているように数値表記の3桁ごとの区切りであるサウザンドセパレータの発祥であるが、徐々に大きな石板ではなくて小型の道具の上で石を移動する方式に変わっていった。初期のそろばんは図8に示すイタリアの国立カピトリーニ美術館に展示されている大理石像に見られるが、国立ローマ博物館マッシモ館にその発掘物が展示されている。

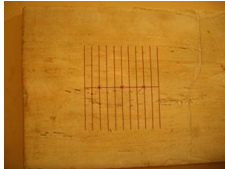


図7 アバカス



図8 アバカス使用例

一方、インカ帝国では数を記録する結び縄文字としてのキープとともに、数を計算するユパナが利用された。これは、フィボナッチ数列の概念を用いているため、石が2つ並べば一つの石を取り去り、他の石を上位の桁に上げる作業で単純に加算ができる道具である。10のべき乗の重みを持つ桁でなく、1, 2, 3, 5の重みを持つ桁の概念を用い、手軽に計算ができるものである。図9のユパナについては、5の桁が向こう側と手前に設定されており、向き合って二人で利用できる機器として発展していることが分かった。



図9 リマ美術館展示のユパナ

物を動かして計算の状態を把握する機器として、中国・日本で用いられたそろばんがある。そろばんの当て字は種々あるが、算盤(さんばん)は和紙の枠を書いて算木を配置する計算具であり、そろばんとは異なる場合がある。国内のそろばん博物館の一つとして小野市伝統産業会館が有名であり、様々なそろばんが展示されている。また、亀高そろばんとして名高い雲州そろばん伝統産業会館もあり、平成8年製作の雲州の大そろばんは、長さ4,933mm、高さ1,762mm、暑さ378mm、重さ約1.7t、一つの玉の重さ約8kgとなっている。ただ、世界で一番大きいそろばんは中国南通市にある中国珠算博物館にあり、長さ7.8mの天2珠・地5珠のそろばんとなっている。通常は片手で持てる重さであり、中国から発祥した尺貫法に基づいた16進数の計算ができる天2珠・地5珠のそろばん(図10左)は、日本に入ると天1珠・地5珠のそろ

ばん(図10右)、さらには天1珠・地4珠のそろばん(図11左)に変化し、10進数を計算する現在の形に淘汰した。中国でも尺貫法が使われなくなったため日本からの逆輸入となり、同様に天1珠・地4珠のそろばん(図11右)が用いられている。



図10 中国そろばんと変化した日本そろばん

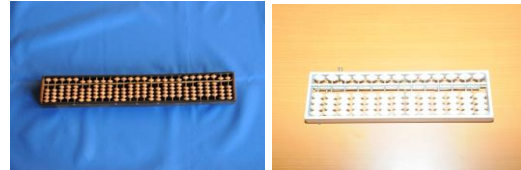


図11 現在の日本そろばんと中国そろばん

(3) 機械式計算機の発達から見た情報機器変遷

機械式計算機は、補数が手軽に利用できるネイピア棒の格子掛算九九表を組み込んだ1623年のシッカードの計算機から始まる。ただ、ケプラーへの手紙に記されているのみで、残念ながら現存していない。その後、補数を利用して計算するピン歯車が組み込まれた1645年のパスカルの計算機、左右回転できる段差歯車が組み込まれた1673年頃のライプニッツの計算機と発展していく。我が国でも矢頭良一により我が国最初の機械式卓上計算機の特許が1903年に取られ、自働算盤として発明・製作された。現在は北九州市立文学館に展示されている。我が国の機械式計算機の代表である図12のタイガー計算機は昭和の時代に広く普及したが、その後図13の電卓へと発展し、さらにはマイクロプロセッサの開発に至っている。



図12 タイガー計算機



図13 日本計算機 ビジコム 161

機械式計算機概念は 1833 年頃に考案したチャールズ・バベッジの解析機関の考えへと発展し、さらに現在のコンピュータへと引き継がれるが、バベッジの解析機関には入出力の概念も含まれている。この実現方法として、当時発達した自動織機の入力として用いられた紋紙の利用が考えられていた。東京農工大学科学博物館には様々な自動織機が展示・稼働しており、そこでは紋紙も展示されている。また、博多町屋ふるさと館では手織りとともに紋紙(図 14)を利用した織物も行っている。



図 14 織機で用いられている紋紙

(4) コンピュータの発達から見た情報機器変遷

コンピュータに関わる展示としては、ドイツの HNF コンピュータ博物館やアメリカのコンピュータ歴史博物館が群を抜いている。コンピュータとしては 1946 年にマスコミに発表した ENIAC が有名であるが、ドイツの Z3 やアメリカの ABC マシン等も代表的であり、その後の商用マシンとしての UNIVAC も意義がある。図 15 はスミソニアン航空博物館に展示されている UNIVAC である。



図 15 UNIVAC

これ以降は、スーパーコンピュータとしての発達、パーソナルコンピュータとしての発達、汎用コンピュータとしての発達、携帯端末としての発達等、様々な形態でのコンピュータの発達がある。

(5) 計算機器復元の手法の確立

紀元前から現在に至る計算機器変遷の中での技術・情報教育のための希少技術遺産を検討する際に、フィボナッチ数列を利用した計算具の復元、補数を利用した計算具の復元、レジスタ部を備えた機械式計算機の復元、3D プリンタ利用のための 3D-CAD 設計技術の確立、それによる計算具の復元について検討を行った。

(a) フィボナッチ数列を利用した計算具の復元

これについてはインカ文明における計算具であるユパナの復元を行った。石を加工して現物とほぼ同じ重さの 20kg の複製物とした。この教材化は、情報数学の数理的な側面を計算具に具現化している点で有用である。

図 16 に復元したユパナを示す。図では 10 個目の石を置いている状態で、この状態から下側の 1 の重みの升目にある二つの石の内一つを取り去り、他を 2 の重みの上側の升目に移動させる。次に 2 の重みの升目とその上の 3 の重みの升目に石が連なるため下側の石を取り去り上側の升目の石を更に上側の 5 の重みの升目に移す。これにより、5 の升目の石が二つになるため、一つを取り去り他を右側の一番手前の 10 の重みの升目に配置する。このように、二つ重なると一つを取り去り他を上側の升目に移動させる単純作業で加算を手際よく行うことが可能となる。

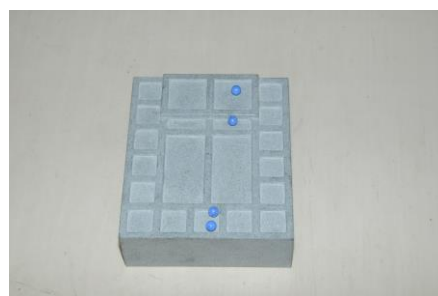


図 16 ユパナの復元

(b) 補数を利用した計算具の復元

ジョン・ネイピアの計算棒は補数の概念を組み込んだ点でコンピュータ発達の観点から重要となる。これを手軽に製作できる教材を開発した(図 17)。木材を 1cm 角で長さ 11cm の立方体に加工し、その上にネイピア棒の格子掛算を印刷した紙を貼り付けることで容易にネイピア棒を復元できる。これにより、加算のみを知っていれば加減乗除の四則演算全てを容易にでき、補数の重要性を認識できる教材となっている。



図 17 ネイピア棒の復元

(c) レジスタ部を備えた機械式計算機の復元

シッカードの計算機は火事で焼失して現存はしていないものの、格子掛算表を組み込んだ歯車による機械式計算機であり、また、一番下の段に一次記憶用の記憶部を備えた機械式計算機としては特徴的なものである。



図 18 HNF コンピュータ博物館に展示されているシッカードの計算機の復元物

図 18はHNFコンピュータ博物館に展示されているシッカードの計算機の復元物であるが、学校教育用として内部構造が分かるようにアクリル板を用いて研究室で復元した結果が図 19 である。

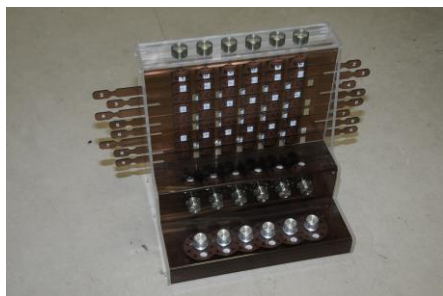


図 19 シッカードの計算機の復元

(d) 3D プリンタ利用のための 3D-CAD 設計技術の確立

希少技術遺産の復元を行う際には、長さを実測して 3D-CAD で設計する方法や 3D スキャナで計測して直接 3D プリンタで復元する方法がある。後者は容易であるが、前者は手間がかかるため、復元のための 3D-CAD 設計手順を確立した。中国そろばんの復元手順の結果を図 20 から図 22 に示す。

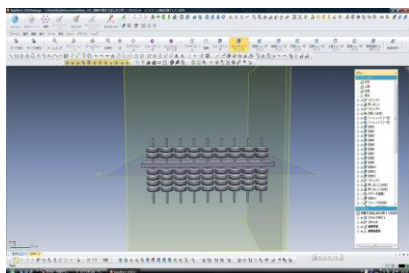


図 20 3D-CAD での 2 珠・地 5 珠の設計

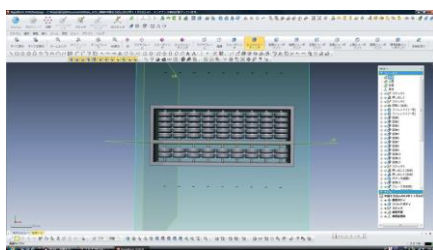


図 21 3D-CAD でのそろばんの枠の設計

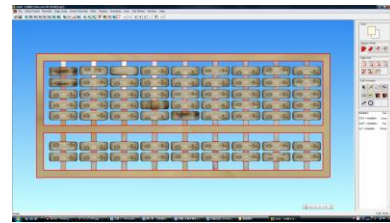


図 22 編集ソフトウェアでの色貼付

(e) 3D プリンタによる計算具の復元

前述の手順を用いて、図 23 の中国そろばんを石膏トナー方式のフルカラー 3D プリンタで造形した復元結果が図 24 である。

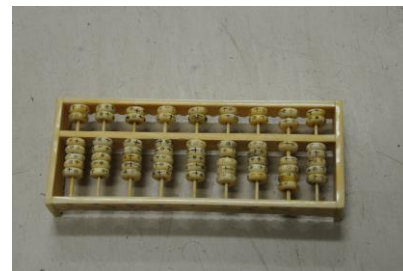


図 23 復元対象の中国そろばん



図 24 フルカラー 3D プリンタでの復元物

(6) 成果のまとめ

以上、情報機器変遷史を考慮した技術・情報教育のための希少技術遺産復元教材を開発した。今後は、教材普及に努めていきたい。

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 8 件)

- ① 川島芳昭, 菊地章, 小林剛大, 石川賢: 情報科学と情報技術の観点に基づくアルゴリズム学習の評価基準の提案, 査読有, 日本産業技術教育学会誌, 第 57 巻, 第 4 号, pp.213-222, 2015
- ② 長井映雄, 菊地章: 就業志向高等学校総合学科における情報系列「課題研究」の改善提案, 査読有, 日本産業技術教育学会誌, 第 57 巻, 第 4 号, pp.205-212, 2015
- ③ 川島芳昭, 菊地章, 長島光晴, 石川賢: 知的財産教育における小学校引用指導と中学校著作権教育の関連性, 査読有, 日本産業技術教育学会誌, 第 57 巻, 第 1 号, pp.11-20, 2015

- ④ Kazuhiro SUMI and Akira KIKUCHI: Learning Support System for Classroom Activities in Technology Education, 査読有, Proc. of International Conference on Technology Education in the Pacific-Rim Countries, pp.45-47, 2015
- ⑤ 鎮革, 菊地章: PIC-GPE と連動した PIC-Monitor の開発, 査読有, 日本産業技術教育学会誌, 第 56 巻, 第 1 号, pp.19-27, 2014
- ⑥ 川島芳昭, 小野勝也, 石川賢, 菊地章: 学習導入時における ICT 学習材利用能動学習の有用性, 査読有, 日本産業技術教育学会誌, 第 55 巻, 第 4 号, pp. 261-270, 2013
- ⑦ 角和博, 白柿由紀子, 鎮革, 菊地章: 中学校技術・家庭「D 情報に関する技術」の授業における座学学習時の生徒の挙動パターンの抽出, 査読有, 日本産業技術教育学会誌, 第 55 巻, 第 4 号, pp. 243-252, 2013
- ⑧ 竹口幸志, 菊地章: 行動と精神活動の方向性を考慮した情報倫理教育コンテンツの特徴分析, 査読有, 日本産業技術教育学会誌, 第 55 巻, 第 3 号, pp.171-180, 2013
- [学会発表] (計 18 件)
- ① 川島芳昭, 菊地章: 認知技能を基にしたプログラミング教育のための学習指導の提案, 日本産業技術教育学会第 31 回情報分科会(佐賀)研究発表会(佐賀大学), 2016 年 2 月 28 日
- ② 角和博, 菊地章: 中学校技術教科書の構成と内容に対するシステム・デザイン思考による考察, 日本産業技術教育学会第 31 回情報分科会(佐賀)研究発表会(佐賀大学), 2016 年 2 月 28 日
- ③ 長井映雄, 菊地章: 中学校から高等学校への接続を意図した高等学校総合学科情報系列の授業開発, 日本産業技術教育学会第 31 回情報分科会(佐賀)研究発表会(佐賀大学), 2016 年 2 月 28 日
- ④ 長井映雄, 菊地章: 少子化に対応した高等学校総合学科の活性化, 日本産業技術教育学会第 31 回四国支部大会(鳴門教育大学), 2015 年 12 月 5 日
- ⑤ 長井映雄, 菊地章: 課題研究との関連性を考慮した基礎科目の充実, 日本産業技術教育学会第 58 回 全国大会(愛媛大学), 2015 年 8 月 23 日
- ⑥ 角和博, 西山由紀子, 菊地章: デザインの重要性を踏まえた技術教育におけるシステム思考能力の育成, 日本産業技術教育学会第 58 回 全国大会(愛媛大学), 2015 年 8 月 22 日
- ⑦ 角和博, 菊地章: システムとデザインの側面から捉えた中学校技術教科書の考察, 日本産業技術教育学会第 30 回情報分科会(埼玉)研究発表会(埼玉大学), 2015 年 3 月 14 日
- ⑧ 長井映雄, 菊地章: 問題解決能力向上のための高等学校総合学科の課題研究指導の視点, 日本産業技術教育学会第 30 回情報分科会(埼玉)研究発表会(埼玉大学), 2015 年 3 月 15 日
- ⑨ 長井映雄, 菊地章: 高等学校総合学科を事例とした生徒の主体的な学習活動を促す手立ての検討, 日本産業技術教育学会第 30 回四国支部講演会(高知大学), 2014 年 12 月 6 日
- ⑩ 長井映雄, 菊地章: 生徒の興味関心に応じた総合学科情報科目の選択内容の検討, 日本産業技術教育学会第 57 回全国大会(熊本大学), 2014 年 8 月 23 日
- ⑪ 菊地章: 技術教育のあり方を考える - 21 世紀の技術教育(改訂)の各発達段階における技術教育内容の例示について, 日本産業技術教育学会第 57 回全国大会(熊本大学), 2014 年 8 月 23 日
- ⑫ 角和博, 菊地章: 新任教員指導を意図した学習支援のシステム化に基づく授業の設計・実践・評価, 日本産業技術教育学会 第 29 回情報分科会(大阪)研究発表会(大阪芸術大学), 2014 年 3 月 15 日
- ⑬ 菊地章, 鎮革: 挙動画像分析を利用した非接触プレゼンテーションソフトウェアの駆動, 日本産業技術教育学会 第 29 回情報分科会(大阪)研究発表会(大阪芸術大学), 2014 年 3 月 15 日
- ⑭ 角和博, 白柿由紀子, 鎮革, 菊地章: 動作計測装置を用いた座学学習時の生徒の挙動パターンの分析, 日本産業技術教育学会第 26 回九州支部大会(大分大学), 2013 年 10 月 5 日
- ⑮ 菊地章: 技術・情報教育のシステムの考察と PIC-GPE を利用した「プログラムによる計測・制御」学習, 日本産業技術教育学会第 26 回九州支部大会(大分大学), 2013 年 10 月 5 日
- ⑯ 菊地章, 森山潤, 山崎貞登, 角和博, 本村猛能, 伊藤陽介: システム的思考に基づいた技術・情報教育の体系化, 日本産業技術教育学会第 56 回全国大会(山口大学), 2013 年 8 月 25 日
- ⑰ 角和博, 白柿由紀子, 鎮革, 菊地章: 指導参考情報提示のため授業時生徒動作計測, 日本産業技術教育学会第 56 回全国大会(山口大学), 2013 年 8 月 24 日
- ⑱ 菊地章, 東原貴志, 宮下晃一, 土井康作: 教員養成大学・部における初等技術(仮称)科書作の試案, 日本産業技術教育学会第 56 回全国大会(山口大学), 2013 年 8 月 24 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊地章 (KIKUCHI AKIRA)

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号: 20127822