

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月20日現在

機関番号： 16102
 研究種目： 基盤研究 (C)
 研究期間： 2010～2012
 課題番号： 22530983
 研究課題名（和文）
 紀元前からの情報機器の復元を伴った未来志向型技術・情報教育3次元教材の開発
 研究課題名（英文）
 Development of Three Dimensional Teaching Materials for Future Technology
 and Information Education with the Restoration of Information Tools from B.C.
 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

研究成果の概要（和文）：

本研究では、今後の情報社会がどのように変化するかの視点から学校教育の中で将来に亘って利用できる技術・情報教育の教材開発を目指した。このとき、紀元前から今日に至るまで、計算具、計算機器、計算機械、コンピュータ、情報環境等の順に発展している経緯を情報教育の中で意識させ、技術・情報教育に関わる未来志向型教材として、石膏トナーを材料として3次元カラープリンタにより造形し、学校における技術・情報教育教材を開発した。

研究成果の概要（英文）：

This research aims to develop the teaching materials for technology and information education from the viewpoint of the varying information society, which is continuously used in school education to the future. The research treats the educational history from B.C. to the present, e.g., calculation tools, calculation machines, computational machines, computers and information environment. Especially, the 3-dimensional teaching materials used in schools are developed as future teaching materials by a 3-dimensional color printer with plaster tonner.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 1,300,000 | 390,000 | 1,690,000 |
| 2011年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 2012年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,100,000 | 930,000 | 4,030,000 |

研究分野： 社会科学

科研費の分科・細目： 教育学・教科教育学

キーワード： 技術教育, 情報教育, 技術・情報教育, 情報機器変遷, 技術遺産, 3次元教材, 3次元プリンタ, 未来志向型教材

1. 研究開始当初の背景

小・中・高等学校における技術教育は、小学校での工作内容、中学校での技術・家庭（技術分野）内容、高等学校での専門学科内容のように幅広い教科構成と学齢構成で指導さ

れている。また、情報教育は、小学校での総合的な学習の時間を始めとしたほとんど全ての教科の内容、中学校での技術・家庭（技術分野）での情報内容、高等学校での専門学科各教科での情報内容と普通教科情報で指

導されている。これらの教育においては各種教材・教具や学習材が利用されているが、多くの学校では紙・木材・金属等で製作した教材が広く用いられており、さらにはマルチメディア教材も利用されるようになってきている。技術・情報教育を行う際には、目的となる教育内容を理解させる必要があるが、その背景も同時に教える必要がある。近年は技術・情報教育における歴史的な背景との関連も学習指導要領に記されており、紀元前からの情報機器変遷についての教材化も重要になっていた。ただ、世界の博物館等に保管されている情報機器変遷に関わる技術遺産は通常一点しかなく、現物はその博物館に行かなければ体感することができないのが現状であった。

2. 研究の目的

技術・情報教育においては歴史的に考察することにより過去の人々の想像・工夫が現在の文化に影響を与えていることを知らせる必要があり、世界の博物館にある技術遺産を3次元プリンタにより復元し、学校教育で利用することにより教育効果が高まる。この観点を含み、今後の情報社会がどのように変化するかの視点を含めた将来に亘って利用できる技術・情報教育の教材開発を目指した。

3. 研究の方法

紀元前から今日に至るまで、計算具、計算機器、計算機械、コンピュータ、情報環境等の順に発展している経緯を整理し、紀元前の計算具を含む情報機器の復元物を3次元非接触カラーキャナと3次元カラープリンタを利用して造形し、各地の学校で復元物を利用した教育実践を含めての将来的に有効となる未来志向型3次元教材を開発した。

4. 研究成果

(1) 世界の情報機器関連博物館での情報収集
本研究の開始までに、日本国内はもとより、アメリカ合衆国、イギリス、ドイツ、イタリア、ギリシア等の博物館を訪問し、紀元前からの計算具の改良の視点から中世の時代の機械式計算機、ならびに近年のコンピュータの発達を含めて、情報機器変遷に関わる情報収集を行っていた。本研究では、フランスや中国での情報収集を追加した。

まず、フランスの工芸院博物館やシテ科学産業博物館を訪問し、ネイピア棒、パスカリーヌ、CURTA 回転式計算機、CHATEAU 機械式計算機、ロシアそろばん、中国そろばん等について調査した。

また、中華人民共和国江蘇省南通市にある南通市そろばん博物館（中国珠算博物館）でのそろばんの変遷の調査を行った。南通市そろばん博物館は整理された展示物を揃えて



おり、参観者も多く、積極的な情報公開を行っている。中でも7.8mの天2珠・地5珠のそろばんは世界最大であり、実用には供さないがそろばんを誇りとする中国文化が伺われる。



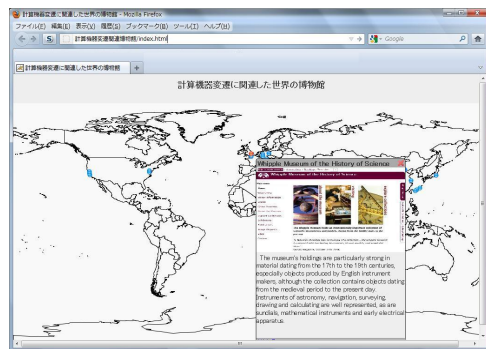
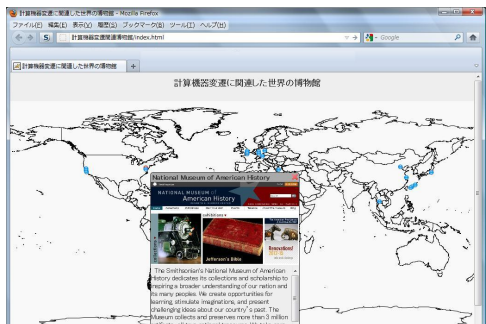
さらに、中華人民共和国安徽省黄山市にある程大位珠算博物館も調査した。加えて、商家での利用を調査するために、中華人民共和国山西省晋中地区の晋商渠家等を調査し、中国における計算機器変遷について調査した。程大位は明代の数学者であり、その著書は「算法統宗」と「算法算要」に代表される。訪問した程大位珠算博物館は文献の保存とともに、各種そろばんが展示されており、そろばん以外にも計算具の展示を含めている所が特長である。特に注目すべきは、これまで中南米のキープや沖縄県の藁算が結縄文字としての記録媒体として代表的であったが、程大位珠算博物館にも藁算が展示されており、日本(琉球)と中国が藁算で交流があった証拠が明らかになったことである。さらには、計算表を記載し、上側の大理石の薄い板に窓枠を開けて計算結果の数字が見えるようにしてある乗除算用計算具も展示されており、英国におけるネイピア棒の九九表やドイツのシッカードの計算機とも発想に共通点があり、そろばん以外の計算具の発達も確認できた。一方、中国山西省晋中地区の山西祁県渠家大院(晋商文化博物館)は通常の算盤の幅であるが長さが6mの長大なそろばんも展示されており、商売での桁数の多い金銭や種類が

多い計算を扱っていたことも確認できた。

計算具や機械式計算器に加えて、電子の計算機の情報収集も行った。我が国の高等教育での情報教育が始まった時代はミニコンピュータ全盛期であり、日本で利用されていた当時のミニコンピュータの一つとして、現在でも動作可能なミニコンピュータ NOVA を収集した。これを大学院での情報技術演習でも利用している。

(2) 情報機器変遷関連博物館検索システム

これまで訪問した国内外の情報機器変遷に関わる博物館 65 館程度の URL を画面上の地図からマウスクリックで簡単に検索できるようにして、利用効果を高めた。例示を下記に示す。



(3) 3次元プリンタ造形用ファイル変換

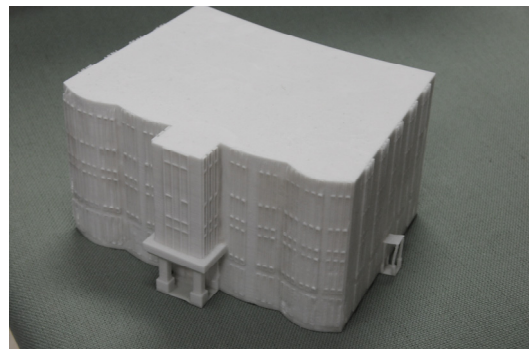
3次元プリンタによる技術・情報教育教材の製作のためには、3次元形状の入手、3次元 CAD で利用できるフォーマットへの変換、3次元プリンタでの造形の流れが必要となる。

まずは、技術教育で利用できる3次元造形教材として、原爆ドームの原型である広島県物産陳列館（広島県産業奨励館）ならびに立体地図の復元を行った。広島県物産陳列館（広島県産業奨励館）については広島市都市整備局緑化推進部公園整備課に申し込んで提供されたアナログ図面のみであるため、3次元 CAD で直接3次元情報を構築するが、立体地図製作においては国土地理院が提供しているデジタル地理情報から3次元 CAD 情報に変換する必要がある。そのため、3次元教材復元の際のフォーマット変換として、高さ情報のみを有する形状データから3角形ポリゴンとなる STL フォーマットに変換する手法をフリーソフトウェアである Linux 上の octave ソフトウェアを用いて開発した。加えて、カラー表現が可能な WRL フォーマットへ変換する手順も完成させた。そのため、形状データが点データで構成されている場合でも3次元立体教材を造形できるようになった。これらの情報収集とアルゴリズム開発により、3次元立体教材の適用可能性を広げることが可能となった。

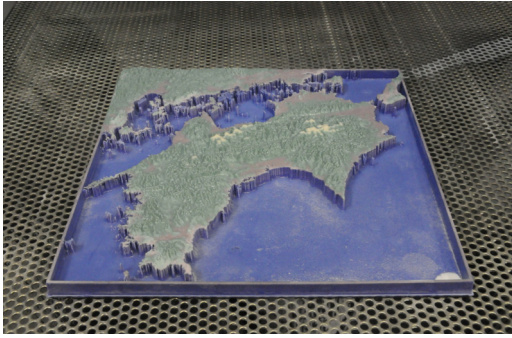
なお、そろばんの復元の場合は、軸周りの強度を強くする必要があり、3次元プリンタ造形の際には軸部分を補強しながら制作していく流れを手順化した。

(4) 3次元造形を用いた未来志向型教材

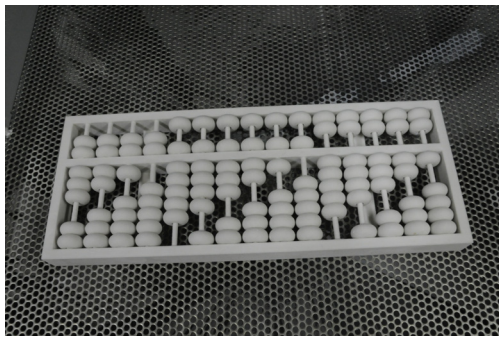
まず、技術教育で有用となる建物の3次元プリンタによる復元を行った。下図は原爆ドームの原型である広島県物産陳列館（広島県産業奨励館）の復元である。上部のドームは省略している。また、中空にして造形教材を軽くしている。



次の図は、国土地理院の地理情報から3次元データを構築して造形した立体地図である。地形を大局的に見ることで種々の応用分野が広がる教材として利用できる。



さらには、情報教育の中での利用としての情報機器変遷の関連教材の構築として、中国の天2珠・地5珠の算盤の復元を行った。このそろばんの復元は、通常の3次元造形の場合は稼働物の造形物を作ることが難しいが、石膏トナーを使用した3次元プリンタの場合は隙間のある複数の物体の造形が可能であるため、軸周りに珠を造形することが容易にでき、そろばん教材の製作が可能となる。



中国でのそろばんの調査のみでなく、イタリアのローマにある国立博物館マッシモ館に保存されているローマ時代のそろばんを、写真を元に復元した。

下図は、マッシモ館に陳列しているローマ時代の遺産として発掘された現物の写真である。



これを3次元プリンタにより造形した復元物の写真が下図である。石膏トナーから造形する際に、現物の写真のテクスチャを表面にマッピングして現実感を実現した。現物は真

鍮であるが、復元物は石膏であり、重さは全く異なるが、見た目は同じように見え、学校教育で使用する普及教材として有効であると思える。



(5) 今後の展望

以上、技術・情報教育で利用できる未来志向型教材として、3次元プリンタを用いて各種の3次元教材の構築を行った。特に、紀元前からの情報機器変遷を意識し、サラミスのアバカスに代表される紀元前の線そろばん、ユパナに代表される小石等を使用した計算具、中国そろばんに代表されるそろばん、八頭自働算盤に代表される手回し式計算機、各種コンピュータ等に対して教材として復元可能かどうかの検討を進めた。特に、中国そろばんについては現地調査を含めて詳細に検討し、構造が比較的簡単なローマ時代のそろばんや中国そろばんを事例として3次元プリンタによる復元教材を開発した。さらに、中学校技術・家庭(技術分野)や高等学校情報での利用可能性を学習指導要領と関連させて整理した。

今後は、開発した未来志向型教材を配布できるように量産手法を検討し、学校での技術遺産の復元を教育内容に含めた技術・情報教育体系の確立に努めたい。

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9件)

- ① 角和博・菊地章：学習支援表に基づいたWeb ページ制作の授業実践，日本産業技術教育学会誌，査読有，Vol.55，pp.15-23，2013
- ② 菊地章・鎮革：プログラムによる計測・制御学習のための GUI プログラミング環境の構築，日本産業技術教育学会誌，査読有，Vol.54，pp.59-67，2012
- ③ 角和博・菊地章：中学校技術・家庭(技術分野)における学習支援のシステム化，日

- 本産業技術教育学会誌, 査読有, Vol.54, pp.1-10, 2012
- ④ Yoshiaki KAWASHIMA, Akira KIKUCHI, Yosuke ITO & Mamoru IWABUCHI: ICT Curriculum Development for the Training of Technology Education Teachers, Proc. of ICTE, 査読有, Vol.9, pp.33-38, 2012
- ⑤ Koji TAKEGUCHI & Akira KIKUCHI: Time-Invariant Framework of Information Ethics Education, Proc. of ICCE, 査読有, Vol.52, pp.777-779, 2011
- ⑥ 竹口幸志・菊地章: 時代に普遍的な情報倫理教育の枠組み, 日本産業技術教育学会誌, 査読有, Vol.53, pp.153-160, 2011
- ⑦ 邢振雷・菊地章: 音声履歴を伴った日本語発音評価システムの構築, 日本産業技術教育学会誌, 査読有, Vol.52, pp.295-302, 2010
- ⑧ 邢振雷・山本秀樹・菊地章: ピンインと音読みの関係に基づいた漢字読み方学習システム, 教育システム情報学会誌, 査読有, Vol.27, pp.211-220, 2010
- ⑨ 邢振雷・佐野哲也・山本秀樹・菊地章: リズム・アクセントを考慮した日本語初学者用発音評価システム, 教育システム情報学会誌, 査読有, Vol.27, pp.39-47, 2010
- [学会発表] (計 32 件)
- ① 角和博・白柿由紀子・鎮革・菊地章: 映像情報の定量的分析による学習時の生徒の挙動パターンの標準化, 日本産業技術教育学会 第 28 回情報分科会 (新潟) 研究発表会, 2013 年 3 月 17 日, 新潟青陵大学
- ② 川島芳昭, 菊地章: 学習者の系統的な学びを支援する学習指導の提案, 日本産業技術教育学会 第 28 回情報分科会 (新潟) 研究発表会, 2013 年 3 月 17 日, 新潟青陵大学
- ③ 竹口幸志・倪夢捷・菊地章: 情報倫理教育の枠組みに対応させたコンテンツ並び替えアルゴリズムの実装, 日本産業技術教育学会 第 28 回情報分科会 (新潟) 研究発表会, 2013 年 3 月 17 日, 新潟青陵大学
- ④ 鎮革・菊地章: PIC-GPE ための計測モジュール PIC-Monitor の開発, 日本産業技術教育学会 第 28 回情報分科会 (新潟) 研究発表会, 2013 年 3 月 17 日, 新潟青陵大学
- ⑤ 竹口幸志・菊地章: 時代に不変な視点からのタグ情報つき情報倫理コンテンツの構成, 日本産業技術教育学会四国支部講演会, 2012 年 12 月 8 日, 香川大学
- ⑥ 鎮革・角和博・菊地章: 深度情報を利用した学習者動作分析システムの開発, 日本産業技術教育学会四国支部講演会, 2012 年 12 月 8 日, 香川大学
- ⑦ 角和博・菊地章: 生徒のつまづきに基づいた学習支援表の作成と活用, 日本産業技術教育学会第 25 回九州支部大会, 2012 年 10 月 13 日, 大分大学
- ⑧ 角和博・菊地章: 中学校技術・家庭(技術分野)の情報学習の内容に対応した学習支援表の作成, 日本産業技術教育学会第 55 回全国大会 (旭川), 2012 年 9 月 1 日, 北海道教育大学旭川校
- ⑨ 鎮革・菊地章: 複眼カメラによるターゲットトラッキングシステムの開発, 日本産業技術教育学会第 55 回全国大会 (旭川), 2012 年 9 月 1 日, 北海道教育大学旭川校
- ⑩ 紅林秀治・菊地章: 技術教育を系統的に捉えた学習モデルの提案, 日本産業技術教育学会第 55 回全国大会 (旭川), 2012 年 9 月 1 日, 北海道教育大学旭川校
- ⑪ 竹口幸志・菊地章: 情報倫理教育用 Web コンテンツの特徴分析, 日本産業技術教育学会第 55 回全国大会 (旭川), 2012 年 9 月 1 日, 北海道教育大学旭川校
- ⑫ 鎮革・菊地章: PIC-GPE (PIC GUI Programming Environment) の利便性の向上, 日本産業技術教育学会第 27 回情報分科会 (鳴門) 研究発表会, 2012 年 3 月 18 日, 鳴門教育大学
- ⑬ 角和博・菊地章: 生徒の思考創成を考慮した技術・家庭科(技術分野)の情報学習における学習チェック表の提案, 日本産業技術教育学会第 27 回情報分科会 (鳴門) 研究発表会, 2012 年 3 月 18 日, 鳴門教育大学
- ⑭ 菊地章・スフーバトル・バイナレンガオワ: 計算と情報機器に関連した博物館情報提供のための地理情報併用 Web システムの開発, 日本産業技術教育学会第 27 回情報分科会 (鳴門) 研究発表会, 2012 年 3 月 18 日, 鳴門教育大学
- ⑮ 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検索における絞り込み検索, 日本産業技術教育学会第 27 回情報分科会 (鳴門) 研究発表会, 2012 年 3 月 18 日, 鳴門教育大学
- ⑯ 竹口幸志・菊地章: 報倫理教育コンテンツの検索システム構築のためのキーワード選定, 日本産業技術教育学会四国支部大会研究発表会, 2011 年 12 月 10 日, 鳴門教育大学
- ⑰ 三好亮・菊地章: PIC マイコンを用いた自動化ハウスの改良, 日本産業技術教育学会四国支部大会研究発表会, 2011 年

- 12月10日、鳴門教育大学
- ⑱ 鎮革・菊地章：PIC マイコン制御のためのPIC-GUIソフトウェアの改良，日本産業技術教育学会四国支部大会研究発表会，2011年12月10日，鳴門教育大学
- ⑲ 矢野翔大・菊地章：小学校での環境教育実践に向けての3次元地形教材の開発，日本産業技術教育学会四国支部大会研究発表会，2011年12月10日，鳴門教育大学
- ⑳ 角和博・菊地章：アメリカ合衆国での技術的素養の学習評価方法に対する考察，日本産業技術教育学会九州支部大会，2011年10月13日，琉球大学
- ㉑ 菊地章・鎮革・矢野翔大・斉藤成子：情報技術教育利用のための3次元プリンタによる立体教材作成，日本産業技術教育学会全国大会（宇都宮），2011年8月27日，宇都宮大学
- ㉒ 角和博・菊地章：外国の技術教育と比較した日本における技術学習の考察，日本産業技術教育学会全国大会（宇都宮），2011年8月27日，宇都宮大学
- ㉓ 鎮革・菊地章：中学校情報技術教育を意図したグラフィカルプログラミング環境，日本産業技術教育学会全国大会（宇都宮），2011年8月27日，宇都宮大学
- ㉔ 竹口幸志・菊地章：情報教育授業利用のためのWebコンテンツ検索システムの構築，日本産業技術教育学会全国大会（宇都宮），2011年8月27日，宇都宮大学
- ㉕ 鎮革・矢野翔大・菊地章：3Dプリンタ造形のための3D-CAD用フォーマットの変換，日本産業技術教育学会 第26回情報分科会（山梨）研究発表会，2011年3月6日，山梨大学
- ㉖ 矢野翔大・鎮革・菊地章：環境教育のための立体教材の製作，日本産業技術教育学会 第26回情報分科会（山梨）研究発表会，2011年3月6日，山梨大学
- ㉗ 竹口幸志・菊地章：行動と精神活動の方向性を組み込んだ情報倫理教育の枠組みの構築，日本産業技術教育学会 第26回情報分科会（山梨）研究発表会，2011年3月6日，山梨大学
- ㉘ 角和博・菊地章：中学校情報学習における学習過程評価観点の提案，日本産業技術教育学会 第26回情報分科会（山梨）研究発表会，2011年3月6日，山梨大学
- ㉙ 斉藤成子・矢野翔大・鎮革・菊地章：3次元プリンタを用いた過去の情報機器の復元，日本産業技術教育学会第26回四国支部大会，2010年12月1日，高知大学
- ⑳ 竹口幸志・菊地章：時代に不変な視点からのタグ情報付き情報倫理コンテンツの構成，日本産業技術教育学会第26回四国支部大会，2010年12月1日，高知大学

- ㉑ 野々村頼和・菊地章：方言情報提供システムを利用した小学校における郷土愛の育成，日本産業技術教育学会第26回四国支部大会，2010年12月1日，高知大学
- ㉒ 矢野翔大・鎮革・菊地章：立体教材を用いた小学校における環境学習，日本産業技術教育学会第26回四国支部大会，2010年12月1日，高知大学

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

(2) 研究協力者

角 和博(SUMI KAZUHIRO)

佐賀大学文化教育学部・教授

川島 芳昭(KAWASIMA YOSHIAKI)

宇都宮大学教育学部・准教授

竹口 幸志(TAKEGUCHI KOJI)

兵庫教育大学大学院連合教育学研究科・学生

鎮 革(ZHEN GE)

鳴門教育大学大学院学校教育研究科・学生

邢 振雷(XING ZHENLEI)

兵庫教育大学大学院連合教育学研究科・元学生

スフ バトル(SUHE, BATER)

鳴門教育大学大学院学校教育研究科・元学生

バイ ナレンガオワ (BAI NARENGAOWA)

鳴門教育大学大学院学校教育研究科・元学生

矢野 翔大(YANO SHOTA)

鳴門教育大学大学院学校教育研究科・元学生

原 亮介(HARA RYOSUKE)

鳴門教育大学学校教育学部・元学生

梅井 朋子(UMEI TOMOKO)

鳴門教育大学学校教育学部・元学生

斉藤 成子(SAITO SEIKO)

鳴門教育大学学校教育学部・学生

小山 亜紀(KOYAMA AKI)

鳴門教育大学学校教育学部・学生