

令和元年5月21日現在

機関番号：10101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2018

課題番号：16K12779

研究課題名(和文) 教育用タンジブル機器の開発と実践による大学一般教育に適した情報科学学習手法の研究

研究課題名(英文) Research on Information Science Learning Methods Suitable for General University Education through Development and Practice of Tangible Equipment for Education

研究代表者

布施 泉 (FUSE, Izumi)

北海道大学・情報基盤センター・教授

研究者番号：70271806

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：(1)音のデジタル表現に関し、まず従来型のコンピュータを用いた教材開発と実践を進め、論文にまとめた。ブラウザ上で音を鳴らし、音の標本化を理解する独自教材であり、学習者の理解度は、本教材により向上したことが示された。これに対応するタンジブル機器として歯車型オルゴールがある。オルゴールのツメ位置に対応する間隔で音を発生させることが可能である。これらコンピュータとタンジブル機器とのデジタル化の違いを比較・検討することで理解深化が可能である。

(2)3Dプリンタで歯車型の2進・10進・16進変換器を自作し、学習者に試用したところ、総じて好評であった。プログラミングロボットとの組み合わせが有用と考える。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大学の一般教育で十分に学習がなされていないと思われる情報科学分野、特に「コンピュータの要素と構成」、

「情報のデジタル化」について、対応するタンジブル機器を用意して学習効果を従来型の教材と比較し、検討することは重要である。

本研究で作成した3Dプリンタによる進数変換器は、いにしへのコンピュータの基にもつながる歯車式であり、その先の学習過程にあるタンジブル教材であるプログラミングロボットとの相性も良い。今後行われる初等中等教育におけるプログラミング教育にも資する成果にもなると考える。

研究成果の概要(英文)：(1) With regard to digital representation of sound, we first proceeded with the development and practice of teaching materials using a conventional computer, and summarized it in a paper. It is a unique teaching material that produces audio in a browser, used for the understanding of the sampling of sound. It was shown that the level of understanding of the learner was improved by this teaching material. As a tangible device corresponding to this, we prepared a gear type music box. One can generate sound at intervals corresponding to the claw positions of the music box. It is possible to deepen one's understanding by comparing and examining the difference in digitization between the computer and the tangible equipment.

(2) We made a gear type binary-decimal-hexadecimal converter with a 3D printer and tried it with learners. There was a general interest for it. We consider this converter to be useful in combination with a programming robot.

研究分野：教育工学

キーワード：タンジブル 情報科学 歯車 進数変換 一般教育 ロボット

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究で対象とする大学の一般情報教育に関する調査が、2013年情報処理学会一般情報教育委員会で行われ、結果が情報処理学会誌に掲載されている(情報処理 2014年12月号, 2015年1月号)。それによると、「コンピュータの要素と構成」「情報のデジタル化」等の情報科学の項目を当該科目の学習対象とする比率は半数程度と高くなく、中でも、コンピュータの仕組みの本質を知るために不可欠な「論理回路と論理演算」は、対象科目においても、4割弱しか取り上げられていない。つまり、現状は、コンピュータをブラックボックスのまま、利用教育のみが行われていることが多いと考えられる。

(2) 著者の研究開始当初までの授業では、論理回路や論理演算を取り上げ、紙面での論理演算演習やプレットボードを用いた簡易実験を行ってきた。これらの学習は、学習者の反応は概ね良いもののそれと組み合わせ可能なインパクトあるタンジブルな教材の必要性を感じてきた。

(3) 例えば、回路学習の前に進数計算と有限桁での演算の仕組みの本質を知ること、また、コンピュータの機器内部の本質的な仕組みを確認することが重要と考えられ、それらの知識と組み合わせた学習ができれば、(2)の学習効果が各段に上がると考えられる。

### 2. 研究の目的

(1) 大学の一般情報教育における情報科学に関する学習項目の理解に有用なタンジブル機器を開発し評価すること

(2) 当該の学習項目の理解を促進する教材と学習手法を、学習者特性に応じて最適なものを予測し提供・評価するために必要な実証的研究を推進すること

### 3. 研究の方法

(1) n進数での補数表現やシフト演算を可視化できる歯車式計算機械のコア原理を学ぶためのタンジブル機器を、近年、安価に入手可能な3Dプリンタにより、設計・開発する。

(2) 他で入手可能なタンジブル機器に加え、コンピュータ上で用いるツールを収集し、その組み合わせによる学習者の学習効果を確認する。

(3) 各学習手法の有用性を、学習者の特性と、学習内容に適した提示順序等を含め検討する。

### 4. 研究成果

(1) 従来型の学習手法として、音のデジタル表現に関し、Javascriptを用いたデジタル教材の開発と実践を進め、論文にまとめた。本実践では、学習者がブラウザ上で、音を鳴らしながら音のデジタル化を理解するための独自教材を用いている。学習者における標準化に関する理解度は当該教材を用いることで向上したことが確認された。

上記のデジタル教材は、コンピュータ上で音を再現するものであるが、これに対応するタンジブル機器として既成のオルガニート(歯車型のツメを用い、紙テープの穴で実際に手回し式で音楽を奏でるオルゴール)がある。オルガニートでは、音はテープの区切りになるツメに対応する間隔でのみ発生するよう固定されている。オルガニートにおけるデジタル化とコンピュータでのデジタル化の違い、及び長所短所等を学習者自身の理解の度合いと組み合わせ確認することにより、学習者に適切な教材提示と学習手法を検討することができると考えられる。

(2) 3Dプリンタを用いたタンジブル機器は、歯車の組み合わせにより、スムーズに動かすことがかなり難しく、設計に苦慮した。最初の設計では、歯車を一つずつスムーズに動かすことが困難であったことから、ネジとネジ止めを3Dプリンタで制作することで、適切に動作可能な進数変換器を開発することができた。図1に、2進・10進・16進変換器(独自制作)を示す。

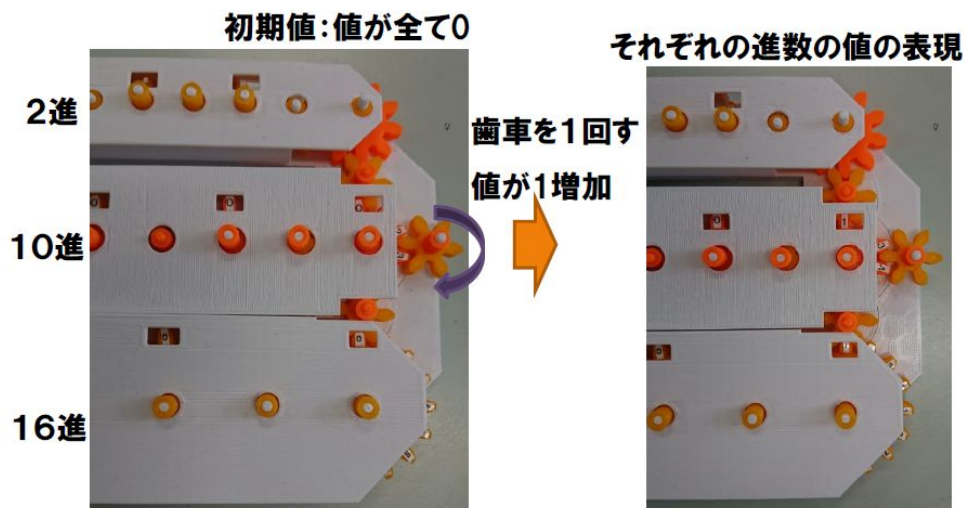


図1 歯車による2進・10進・16進の変換器

2018年度の授業実践において、図1のタンジブル機器を実際に学習者に触らせ、動作させて学習者の感想を得た。総じて興味深かったとの感想であったが、歯車の周りがスムーズに行かない個体も発生しており、歯車の組み合わせの繊細さを踏まえ、更なる改善が必要に思われる。(3)図1の進数変換器は、2進と16進の理解に有用である。学会発表のとして、野口孝文先生らが開発されているプログラミングロボットを用いた共同研究では2進表記に対応する8個のLEDの点灯の様子と、16進に対応する機械語でのプログラム入力の方を適切に理解した上で授業実践を進めているが、これらの進数変換は、初期の段階では、学習者の理解は不十分であることが分かっている。2進・16進変換については、図1で開発したタンジブル機器の操作と組み合わせることで、その理解が高まると想定できる。

以上、これらの研究については、実践途中のものも多く、引き続き研究を推進していき、学習者に応じた学習効果の分析を行う予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Benjamin Luke Evans, Izumi Fuse, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, Deployment of an Interactive JavaScript Application to Aid in the Understanding of the Digitalization of Sound, The Journal of Information and Systems in Education, 査読有, vol.15, 2016, pp. 42-47

DOI: <http://doi.org/10.12937/ejsise.15.42>

〔学会発表〕(計 2 件)

野口 孝文, 千田 和範, 稲守 栄, 布施 泉、他、直観的な動作命令を持つロボットを用いたプログラミング入門-JSiSE 北海道支部企画一、第43回教育システム情報学会全国大会プレカンファレンス、2018

布施 泉、教養教育における情報教育、情報教育に関するシンポジウム Computational Thinking for ALL (招待講演) 2017

〔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：  
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：  
国内外の別：

〔その他〕

## 6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：山本 裕一

ローマ字氏名：(YAMAMOTO, yuichi)

所属研究機関名：北海道大学

部局名：情報基盤センター

職名：助教

研究者番号（8桁）：10240128

(2)研究分担者

研究分担者氏名：岡部 成玄

ローマ字氏名：(OKABE, shigeto)

所属研究機関名：北海道大学

部局名：情報基盤センター

職名：名誉教授

研究者番号（8桁）：70169134

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。