

人型ピクトグラムを用いた ソートアルゴリズムを学ぶデジタルコンテンツの実装と評価

玉城 亮治[†] 吉田 葵[†] 伊藤 一成[†]

青山学院大学社会情報学部[†]

1. はじめに

Tim Bell 博士を中心に開発された、小学校から大学に至る幅広い教育機関で、コンピュータを使わずに、コンピュータサイエンス(以下 CS)の原理を、わかりやすく教えることを目的とした教育法に CS アンブラグド(以下 CSU)が挙げられる[1]。本稿では、その中の一つである整列アルゴリズムを学習する“いちばん軽いといちばん重い”を対象とする。CSU はコンピュータを使わないことが特徴であるが、情報機器の携帯化、小型化、多様化に鑑みるとコンピュータを使う学習と使わない学習を相補的に行える仕組みの提案が重要と考える。そこで、人型ピクトグラムの特徴に注目し、それを利用したデジタルコンテンツの実装を行った。また、評価実験を行い、コンテンツの有用性についても実証した。

2. 実装方式

実装は、ブロックプログラミング環境である Scratch を用いる。Scratch とは、MIT Media Lab で開発が進められているプログラミング環境である。処理に相当するブロックをつなぎ合わせてプログラムを作成するのが特徴で、強力なマルチメディア機能により多彩な作品が簡単に作成できる。他人の作品をベースに改変するリミックス機能や、SNS の機能を内包しており、学習者自身がコンテンツのプログラムを改変することも可能で作品に対するコメント付与や議論を通じて創作意欲を支援される。

3. デジタルコンテンツの実装

CSU の中に、天秤を利用して重さの違う重りを並べ替えながら整列アルゴリズムを学ぶ“いちばん軽いといちばん重い”がある。その教材から重りを人型ピクトグラム、天秤をシーソーを模したピクトグラムに変更することで、学習者の経験を想起させるようにしたデジタルコンテンツ“並べ替えシーソー”を実装した。ピクトグラムとは日本語で絵記号、図記号と呼ばれるグラフィックシンボルであり、意味するものの形状を使ってその意味概念を理解させる記号である。特に具象物を表現したピクトグラムはその抽象度の高さから、それを見た人物が自分自身や本人に関わる人物・事物を想起させる効果があると言われている[2]。

人型のピクトグラムを用いることで、コンピュータを使わない本来の CSU の活動者と、デジタルコンテンツ中のピクトグラムを連関させ、それにより両者の相互作用を促進する効果を狙っている。

プロジェクト画面を図 1 に示す。このデジタルコンテンツ¹には、1) 手動整列機能、2) 自動整列機能、3) 自動整列問題出題機能を実装した。各機能については以下に示す。



図 1 並べ替えシーソーのスクリーンショット

1) 手動整列機能

はじめに、比較する人型ピクトグラムの数を決定し、画面下部に表示する。人型ピクトグラムを画面中央のシーソーの両端のいずれかに配置することでシーソーが傾き、2つの重さを比較することができる。また、人型ピクトグラムをドラッグアンドドロップで並べ替えて配置し、スペースキーを押すとスキャンが始まり、左から軽い順に並べられているかを判定する。

2) 自動整列機能

コンピュータで使われる整列アルゴリズムに則ったアルゴリズムをアニメーション(以下、アルゴリズムアニメーション)で確認することができる。本コンテンツで実装されている整列アルゴリズムは選択ソート、クイックソート、挿入ソートの3種類である。

3) 自動整列問題出題機能

自動整列機能で説明した3種類のアルゴリズムアニメーションがランダムで行われ、それが何ソートに則っているのかを解答できる。

4. 評価実験

4.1 概要

今回の評価実験では A) 授業形式での利用、B) 自習形式での利用、C) 学習単元を明示しない自由な利用(以下、自由利用)の3種類の利用状況を想定した実験から本コンテンツの評価を行った。

¹ 以下の URI で公開している。

<https://scratch.mit.edu/projects/134276579/>

3 種類の実験のうち、A) と B) は、青山学院大学社会情報学部の 1 年生 80 人を対象に行った。まず A) を行い、後日 B) を行った。また、C) は同大学同学部の 2~4 年生 46 人を対象に行った。

A) 授業形式での利用

アルゴリズムに対しての事前知識がない人に対して、授業形式でアルゴリズムについて教えることを想定し、授業用のデジタル教材としての有用性を調査した。授業後にはアンケートを実施した。

B) 自習形式での利用

一度授業でアルゴリズムを学んだ人を対象に、整列アルゴリズムのテスト前の自習を想定し、自習用のデジタル教材として有用性を調査した。3 種類のソートアルゴリズムに則った比較手順を各ソート 1 点満点で問う 3 点満点の筆記形式の事前テストと自習時間、事前テストと同様の事後テストで実験を構成した。また、本コンテンツ利用中の操作ログを収集した。

C) 自由利用

学習すべき単元を明示せずに本コンテンツを利用することを想定し、学習者の利用方法や学習効果を調査した。実験は手動整列機能のみ実装版の利用と全機能実装版の利用で構成した。また、本コンテンツ利用中の操作ログを収集した。

4.3 実験結果

A) 授業形式での利用

授業終了後に行った 7 段階評価アンケート結果は“アルゴリズムについて理解できたか”という質問への回答の平均は 5.14 となり，“3 種類のソート法について理解できたか”という質問への回答の平均は 5.86 となった。

また、自由記述の感想では「実際に手を動かすことで、見ているだけよりも格段にわかりやすかったです。」という、自動整列機能だけでなく手動整列機能も実装されていることで、理解が促されたという意見があった。

B) 自習形式での利用

事前テストの平均点は 1.36 点、事後テスト 2.15 点となった。事前テストと事後テストの点数の間に有意な差があるか、両側 t 検定を行ったところ、有意な差が見られた。 $(t(79)=8.57, p<.01)$ また、事後テスト終了後に行った 5 段階評価のアンケート結果の平均を表 1 に示す。

表 1 5 段階評価アンケート結果

設問	平均
本コンテンツはアルゴリズムの理解に役立ったか	4.17
選択ソートの理解度を教えてください	4.15
クイックソートの理解度を教えてください	4.24
挿入ソートの理解度を教えてください	4.05

C) 自由利用

本コンテンツ利用中のログを解析した結果、コンテンツ利用前は選択ソートについての知識がなかった学生が、自動整列機能を利用した後に手動整列機能を利用して選択ソートに則った比較していることが確認できた。

学習すべき単元を明示せずに本コンテンツを利用した際の学習効果についての調査をするために、正しく整列させるまでの 1 試行における、比較操作の時間間隔の平均と標準偏差を調査した。その結果を図 2 に示す。図 2 において、横軸はコンテンツ利用開始時刻を基準とした各試行の開始時刻(秒)、縦軸は比較操作の時間間隔の平均・標準偏差(秒)を表している。

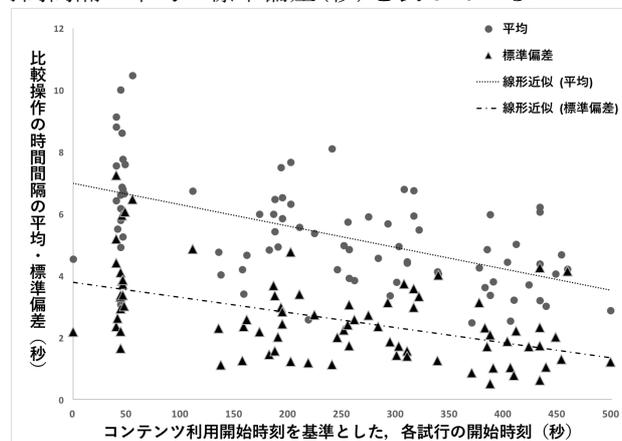


図 2 試行の開始時刻と比較操作の時間間隔の関係

各試行の開始時刻が大きくなるほど、1 試行における、比較操作の時間間隔の平均と標準偏差が減少していることがわかった。そこで相関分析を行ったところ、比較操作の時間間隔の平均と開始時刻には負の相関が認められ $(r(80)=-0.57, p<.01)$ 、比較操作の時間間隔の標準偏差と開始時刻にも負の相関が認められた $(r(80)=-0.50, p<.01)$ 。これは、本コンテンツを利用している過程で自らのアルゴリズムを確立していたからだと考えられる。平均の減少は、比較操作をするまでの所要時間に含まれる比較対象を決定するための思考時間が減少したことが原因だと考えられる。また、標準偏差の減少は、機械的に比較を繰り返すことで、ある比較操作から次の比較操作までの所要時間の差が減少したことが原因だと考えられる。以上のことから、本コンテンツを利用することで、自らアルゴリズムを考えさせる効果があるといえる。

5. まとめ

CSU の“いちばん軽いといちばん重い”を題材としたデジタルコンテンツ“並べ替えシーソー”を 3 種類の利用を想定した実験を行い、学習効果を確認した。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 26330140, 25350322 の助成を受けたものです。

参考文献

1. T. C. Bell, J. Alexander, I. Freeman, and M. Grimley. Computer Science Unplugged: School students doing real computing without computers. The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology, 13(1):20-29, 2009.
2. 太田幸夫: 国際安全標識ピクトグラムデザインの研究 <http://www.tamabi.ac.jp/soumu/gai/hojo/seika/2003/kyoudou-otal.pdf>