6ZC-03

人型ピクトグラムを用いた 二進法を学ぶデジタルコンテンツの実装と評価

金仙雅† 吉田葵† 伊藤一成†
青山学院大学社会情報学部†

1. はじめに

現在小学校からのプログラミング教育に注目が集まっているが，コンピュータサイエンス(以下 CS)の原理をどのように組み入れていくかについても検討が必要である．

Tim Bell 博士を中心に開発された，小学生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，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 アンプラグド（以下 CSU）が挙げられる[1]． 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，多様化を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，CSU の中の一つである二進法を学ぶ教材“点を数える”を対象とし，人型ピクトグラムの特徴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，人型ピクトグラム使用の効果について実証した．

2. 提案手法

本提案の特徴である人型ピクトグラムの利用と，実装方式について説明する．

2.1 人型ピクトグラム

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．

2.2 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

二進法は，CS アンプラグドの学習の 1 つであるで“点を数える”扱われている学習テーマである．片面だけに点が 1，2，4，8，16 個描かれた 5 種類のカードを用意する．このカードをめくり，数を作ることで，二進法を学習する．

“点を数える”で使用されている教材で使われている点のカードの他に，人型ピクトグラム，10 進数が描かれたカードを表現した，計 3 通りのデジタルコンテンツを Scratch で実装した[1]．コンテンツの実行画面のスクリーンショットを図 1 に示す．

画面上部にカード，画面下部に問題を表示する．問題は計 10 問出題され，カードをクリックし，判定ボタンを押すと図 2 の左のスクリーンショットように「正解」または「不正解」が表示される．問題は 1 から 31 までの乱数で出題する．正答した場合は次の問題が提示されるが，誤答の場合，その問題のまま再度回答を求められる．

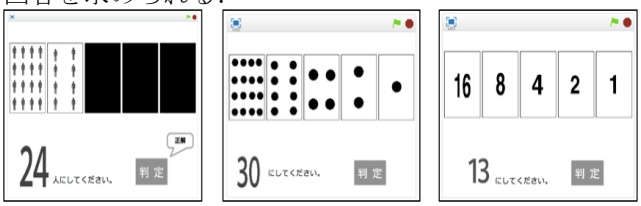


図 1 コンテンツ実行画面(人型ピクトグラム，点，10 進数)

4. 評価実験

実装したデジタルコンテンツの評価実験を行った．

実験にあたり，被験者の正答率の調査に加え，被験者の操作を細かい粒度で取得し，アプリケーション操作ログ(以下操作ログ)を分析することとする．

4.1 実験手順

被験者は青山学院大学社会情報学部の 2，3，4 年生 48 人を対象とする．被験者をランダムに，3 つのグループに分けて実験を行った．グループ毎に，それぞれ指定されたコンテンツにアクセスし，被験者にはコンテンツの利用方法についてはあらかじめ説明せず，同

Implementation and Evaluation of Digital Material to Learn Binary Number Using Human Shaped Pictogram
† Faculty of Social Informatics, AOYAMA GAKUIN UNIVERSITY

[1] 実装したコンテンツは以下の URI で公開している．
人型ピクトグラム:https://scratch.mit.edu/projects/122749406/
点:https://scratch.mit.edu/projects/122919315/
10 進数:https://scratch.mit.edu/projects/122749552/

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

時に 5 分間コンテンツを使用した．コンテンツに内包した操作説明をはじめに表示してから，試行するようにした．10 問正答し終えた被験者は，時間の許す限り，再度 10 問の試行を繰り返してもらう．

10 問の問題を全て正答し終える毎に，以下の情報をまとめて取得する．

1. 被験者 ID,開始時刻，どのコンテンツ（人型，点，10 進）を使用しているか．
2. n(1〜10)問目の問題で問うている数値(1〜31)
3. その数値を表現するための最小クリック回数
4. 実際にカードをクリックした総回数
5. カードをクリックした操作，及び判定ボタンを押した操作に関して，どのカードをクリックしたか，正答であったか否か，また全ての操作間の時間間隔
6. n 問目の開始から正答までの時間

これらの操作ログを送出し，被験者全員の操作ログデータを一括保存するため，今回は，ScratchX を利用した．ScratchX とは，Scratch に実験的拡張機能を搭載した Web アプリケーションである．JavaScript を用いて Scratch の内部データを外部サーバに送出し，サーバで操作ログを蓄積する処理を追加した．

4.2 実験結果

本コンテンツ利用中に送出した操作ログの解析を行った．3 通りのコンテンツのそれぞれに操作の違いがでるかどうか，またどのような違いが現れるのかを分析する．

はじめに，コンテンツを 1 回利用完了する時間が，3 通りのコンテンツで差異が現れるのか分析する．実験の 5 分間で 3 回以上コンテンツを利用した被験者のデータを利用する．表 1 に 10 問正答(1 回の試行)の時間，1 回目，2 回目，3 回目の試行にかかった時間の平均を，コンテンツごとに示す．

表 1 コンテンツごとの各時間の平均(秒)

	10 問正答	最初の試行	2 回目の試行	3 回目の試行
10 進数	40.696	59.419	39.037	32.670
ピクトグラム	44.996	56.461	46.903	32.993
点	44.308	65.110	41.771	29.656

3 通りのコンテンツにおいて，最初の試行と 3 回目の試行の時間差に有意な差があるか両側 t 検定を行った．10 進数では $t(11)=3.88,\ p<0.1$，ピクトグラムでは $t(7)=4.78,\ p<0.1$，点では $t(7)=3.92,\ p<0.1$ となった．どのコンテンツも最初の試行から 3 回目にかけて有意に時間が短くなっていることがわかった．

図 2 に，3 通りのコンテンツの試行回数と各試行の時間を比較した結果を示す．横軸を試行回数，縦軸をコンテンツごとの各試行の合計時間(秒)としている．どのコンテンツも試行回数が増えるごとに，各試行の合計時間が減少していることがわかった．また，相関分析を行ったところ，10 進数は $r(9)=-0.57, p<.01$，点は $r(6)=-0.64, p<.01$ となり負の相関が認められ，ピクトグラムは強い負の相関が認められた($r(6)=-0.71, p<.01$)．どのコンテンツにおいても，試行の回数が増えるほど各試行時間が減少していくことがわかった．

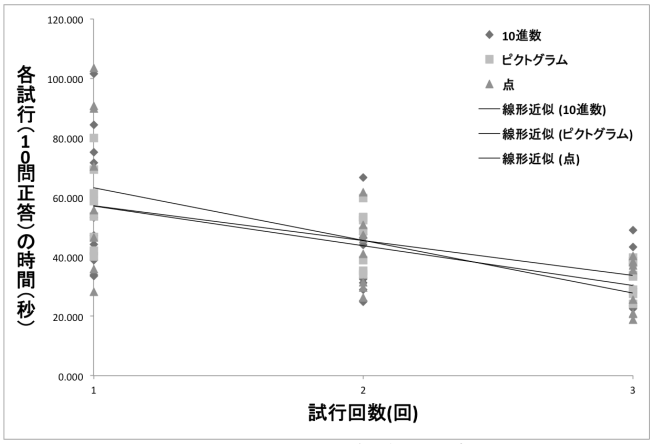


図 2 1,2,3 回目の各試行の時間

次に，出題された数値を表現するための最小クリック回数ごとに操作ログを分類した．解析対象は被験者全員とし，最小クリック回数が 1 回の場合グループ 1 とし，グループ 1 からグループ 5 まで分類し，グループごとの分析を行う．1 から 16 までのカードと判定ボタンをクリックした順番に着目する．

グループ 2 では出題された数値が 5,9,24 において操作の違いがみられた．数値 5 は 4 と 1 のカードで表現する．10 進数の場合は 4 と 1 をクリックしすぐに正解の数を表現しているが，ピクトグラムと点では 2 や 1 をクリックし正解まで試行錯誤する傾向があった．数値 9 は 8 と 1 のカードで表現をするが，10 進数は 8 と 1 をクリックしており，ピクトグラムと点は 4 をクリックし正解まで試行錯誤する傾向があった，特にピクトグラムにおいてよりその傾向があらわれた．また数値 24 は 16 と 8 のカードで表現するが，10 進数は 16 と 4 とをクリックし 20 という数を表現する操作があった．これは“10 進数”の算術的な考え方の影響であると考える．カードをクリックする操作に関して，3 通りのコンテンツの差が一部現れたが，ピクトグラムの効果による有意な差は見られなかったため，今後も検証が必要である．

5. まとめ

CSU の“点を数える”を題材としたデジタルコンテンツを実装し実験を行い，アプリケーション操作ログの分析を行った．また，現在は二進法の学習に特化したコンテンツであるが，二進法に限定せず N 進法一般を学習できるように拡張予定である．

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-ota1.pdf

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.