

CS アンプラグドの視覚障害者への適用

間辺 広樹¹

概要: コンピュータサイエンスアンプラグド (以下, CS アンプラグドと記す) は, コンピュータ科学の基礎を学ぶための効果的な学習法である. しかし, 身体的な動きを伴う活動が多いため, 障害など身体の状態によっては, 学習法の利点を享受できないことがある. 本研究では, 天秤とおもりを使ってソーティング (整列) アルゴリズムを学ぶ CS アンプラグドのアルゴリズム学習法について, どのように教具を工夫すれば視覚障害者が学べるようになるかを検討した. 本来は, 学習者が動かすおもりの重さの比較結果を視覚情報ではなく, 音声情報として提供する教具にすることで, 視覚障害者も同等の学習ができるようになると考えた. そこで, カードとそれを読み取るセンサーを組合せ, 音声で大小比較の結果を知らせる教具を開発した. その教具を用いて, 重度視覚障害者にアルゴリズム学習法を適用した実験から得た知見を報告する.

キーワード: 情報科学教育, コンピュータサイエンスアンプラグド, 特別支援, 視覚障害, アルゴリズム

Adopting CS Unplugged to a student with visual impairments

HIROKI MANABE¹

Abstract: Computer Science Unplugged is an excellent method of learning the basic of computer science. Because, it involves physical activities that lead students to computer science. However, such activities are not always easy for all students. In this research, we focused on the way to adopt an CS Unplugged activity, Sorting Algorithms, to students with visual impairments. We assumed that if an educational material provide phonetic information instead of visual information, students with visual impairments could execute the activity. Therefore, we developed an educational material which consists of some cards, a sensor and computer software. The material provides phonetic information of the result of comparison of which data is bigger. We tried to adapt the educational material to a visual impairment to execute CS Unplugged Activity. In this report, we inform the knowledge through the experiment.

1. はじめに

情報社会の進展に伴い, 情報教育の中でコンピュータ科学を学ぶことの必要性が高まっている. しかし, コンピュータ科学の内容は, 誰もが容易に理解できるものではない. そこで, 教具を使い体験的な活動を通してコンピュータ科学を学ぶ「コンピュータサイエンスアンプラグド学習法」[1][2] が注目され, 情報教育の中で利用されている.

CS アンプラグドの特徴は, カードなどの教具を使い, 試

行錯誤しながら科学的な概念を獲得することにある. 身体を動かす体験的な学習により, 抽象度の高いコンピュータ科学の学習内容を具体的な体験から理解することができ [3], ACM (Association for Computing Machinery, 米国計算機学会)[4] でも, その活用が推奨されている.

身体的であるということは大きな利点である一方で, 身体に障害を持つ学習者にとっては思うように活動を行えず, CS アンプラグドの利点を享受できないことになる. また, 身体障害者にとって IT 技術の活用は身体的なハンディキャップを補うことのできる大きな可能性を秘めており, コンピュータ科学を基礎から学ぶ必要性は, 健常者以

¹ 神奈川県立柏陽高等学校
Hadano Sogo High School

上に大きいと言える。

筆者らは過去に上肢障害、下肢障害、聴覚障害に対する支援の研究を行ってきた。今回の研究では今まで検討してこなかった視覚障害者に対する支援を検討する。重度視覚障害者にはソフトウェア開発技能の職業的有用性が存在し [5]、プログラミング学習の環境作りも進められて [6] いることから、アルゴリズムなどコンピュータ科学を学ぶための環境作りを行うことも必要である。

しかし、視覚という知覚機能が働かない重度視覚障害者は外界の認知体系が正眼者とは構造的に異なる [7]。人間の脳が外界から受け取る情報のうち、視覚によるものは 60～70% をしめると言われ、視覚障害者は認知や思考に大きな不利を強いられている [8]。また、実際に触れることができない事物に対しては、空間的な広がりや大きさの認識が弱いことや、言葉では知っていてもその実態は理解していない [9] ことなど、視覚に代わる知覚の限界と常に向き合うことが求められる。

その一方で、将棋を楽しむ視覚障害者が多い [10] という事実は、視覚のハンディを補うために他の知覚や能力が発達することを示唆している。実際、触覚や聴覚、記憶能力が優れていて、ことばなど抽象的なもの理解は正眼者に優るとも劣らないといった報告もある [11]。そのため、視覚情報を適切な触覚情報や聴覚情報へと置き換えることで、CS アンブラグドの学習活動を実現したり、アルゴリズム思考への適正を有していることも考えられる。

そこで、本研究では重度視覚障害者が CS アンブラグドでアルゴリズムを学ぶための教材を試作し、CS アンブラグドの学習活動が実現可能かどうかを評価実験で確かめる。その上で、教材をどのように改善すればより良い学習環境が得られるかを考察し、今後の研究に活かすものとする。

2. CS アンブラグドの学習特性と身体性

2.1 CS アンブラグドの学習内容

CS アンブラグドはコンピュータ科学に関する体験的な学習法の一つである。2進数やアルゴリズム、プログラミングなどコンピュータ科学に関する様々な概念を扱っている。活動自体は子供でも楽しめるように工夫されているが、扱っている概念は高度なものも含まれている。年齢や学力など学習者の特性に応じて工夫され、中学、高校、大学など多くの校種で実践されてきた。

CS アンブラグドの身体性は利点である一方で、障害など身体的な状況によっては想定された活動ができず、その利点を享受できない可能性がある。CS アンブラグドを構成する 12 の学習とその身体性について、障害を上肢、下肢、聴覚、視覚に分類して表 1 に整理した。

カードやおはじきなどの具体物を動かしながら学ぶ活動は、上肢障害者に困難な場合がある。体全体を移動しながら学ぶ活動は、下肢障害者にとって困難であったり、ま

表 1 CS アンブラグドの学習活動と障害との対応表

Table 1 Informatics not using computers

	内容	主な身体性のある活動	上肢	下肢	聴覚	視覚
1	2進数	カードの操作	×	○	×	×
2	画像表現	色を塗る/消す	×	○	○	×
3	テキスト圧縮	文字や線を書く/消す	×	○	○	×
4	エラーの検出と訂正	カードの操作, 意思疎通	×	○	×	×
5	情報理論	意思疎通	○	○	×	×
6	探索アルゴリズム	意思疎通	○	○	×	×
7	整列アルゴリズム	おもりを上げ下ろす	×	○	○	×
8	並び替えネットワーク	体を移動させる	○	○	×	×
9	最小全域木	おはじきを動かす	×	○	○	×
10	ルーティングなど	教具の操作, 意思疎通	×	○	×	×
11	有限状態オートマトン	体を移動させる	○	○	×	×
12	プログラミング言語	絵を描く, 意思疎通	×	○	×	×

た、危険な場合がある。他者との意思疎通を必要とする活動は、聴覚障害者にとって困難な場合がある。

従って、これらの困難を解決または軽減することが支援することになる。筆者らは学習に想定されている動きを模擬的に代替することで、それを進めてきた。具体的には、教具の代わりにコンピュータ上の仮想的な教具で代替する手段を用いた。「画面内のデジタル教材 [12]」では、物を掴むことが困難な上肢障害者の活動を支援した。「3次元仮想空間での学習 [13]」では、身体の移動が困難な下肢障害者の活動を支援した。

本研究では、視覚障害者を対象とした支援を試みる。人の認知は視覚によるものが大部分占めるため、すべての学習が支援対象になる。本研究では、プログラミング学習との関連の高さと高等学校情報科との関連の高さ、及び筆者らの過去の研究 [14] との関連の高さから、CS アンブラグドの第 7 章「いちばん軽いといちばん重い (整列アルゴリズム)」を支援対象の学習に選んだ。

2.2 CS アンブラグドの整列アルゴリズム学習

CS アンブラグドの学習 7 「いちばん軽いといちばん重い (整列アルゴリズム)」は天秤とおもりを使ってデータの整列 (ソーティング) を学ぶ学習である。コンピュータは同時に 2 つのものしか比べることが出来ないという基本的な構造を、「天秤ばかり」を使って作る。その天秤で、重さのわからない複数個のおもりを 2 つずつ比較しながら、重さの順番に並べるといったグループ学習が想定されている (図 1)。

学習者は 8 個程度のおもりを使い、おもりの重さによる比較を繰り返してすべてのおもりを重さの順に一列に並べる。学習者は整列が出来たと思ったところで結果を見る。考え方が正しければきれいに整列した数列が現れる。しかし、考え方が間違っていれば整列は出来ていないので、その原因を探る必要がある。ここまですべてを「1 ゲーム」として、ゲームを繰り返しながら考え方をまとめていく。天秤のお

もりをコンピュータが扱うデータに見立て、コンピュータが行っているデータ処理の手続きを、学習者が手作業で行うことで、その仕組みを学ぶという学習法である。

この学習法によって、「選択ソート」「挿入ソート」「交換ソート」「クイックソート」などのアルゴリズムの入門書で扱われているような既存のソーティングアルゴリズムを理解することや、学習者自身でアルゴリズムを見つけ出すなどの学習が可能になる。また、天秤による比較回数をカウントすることで計算量を理解し、より良いアルゴリズムは何かを学習者自身が考える授業展開なども考えられる。このような授業展開を施すことで、多くの初学者が学ぶ高校の情報科のような教育の場では、学習者の論理的思考を促しながら、知識獲得とコンピュータ科学への興味関心を深めていく効果が期待できる。



図 1 天秤を用いたアルゴリズム学習
Fig. 1 Lesson with balance scales

3. 支援教具の検討

3.1 支援教具に持たせる要件

本研究では視覚以外の感覚で外界の認知を行わなくてはならない重度視覚障害者を支援の対象とする。前章で示したように、CS アンプラグドのアルゴリズム学習法は、

- (1) データに見立てたおもりを2つずつ選ぶ
 - (2) 2つのおもりの重さを比較する
 - (3) 比較結果に応じて、次に比較するおもりを選ぶ
 - (4) 比較・選択・移動を繰り返して、おもりを整列させる
 - (5) 並べた結果が正しかったかどうかを確認める
- という動作や行動が想定されている。これらを視覚に頼らず実現するために以下の三要件を設定した。

まず、CS アンプラグドはこれらを試行錯誤しながら学習者自身の気づきや発見を促す学習法である。従って、なるべくこれらの動作や行動を学習者自身でできるようにすることを第一の要件とする。

次に、上記の動作の中で「おもりを選ぶ」「おもりを比較する」「比較した結果を知る」「並べた結果の正しさを知る」などは、すべて視覚から得られるものである。おもり

の重さを音声で伝える機器も作られているが、2つのおもりの比較結果についてその大小関係を音声で伝える仕組みはない。そこで、これらの動作を視覚の代わりとなる触覚と聴覚で行えることを第二の要件とする。

そして、CS アンプラグドのアルゴリズム学習法は、アルゴリズムを実行する回数が理解度に影響を与える [14]。同じアルゴリズムを実行するには、集中力が途切れず、疲労の少ない学習環境が必要である。そこで、快適に使えることを第三の要件とする。

以上の要件を踏まえて、教具を設計することにした。まず、「データに見立てる教具」、「大小比較を行う教具」、「データの大小比較した結果の情報」を触覚と聴覚によって扱えるようにすることが必要である。そこで、パソコンとセンサーを用いて学習環境作りを目指すこととした。次章にてその詳細を示す。

3.2 開発環境

前節で示した支援の要件を満たすために開発した教具の構成を図 2、図 3 と表 2 に示す。

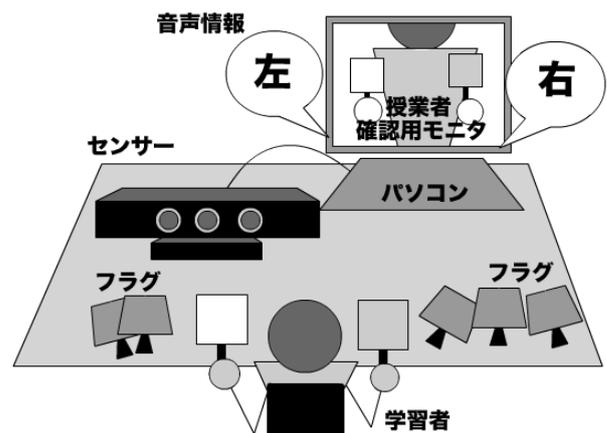


図 2 支援教具の全体と活動のイメージ
Fig. 2 Image of the educational material and activity



図 3 アルゴリズム学習を支援する教具
Fig. 3 Educational material for the learning of algorithms

表 2 アルゴリズム学習を支援する教具

Table 2 Educational material for the learning of algorithms

教具	環境
データに見立てる教具	色情報を設定したカード教具
大小比較を行う教具	パソコン (プロセッシング言語)
カードの色情報を読み取る教具	Kinect センター
大小比較した結果を知る手段	音声情報

教具には、Kinect センサーと Processing 言語を用いた。Kinect とは、ゲーム用途に開発され、人の骨格情報などを読み取ることが出来るセンサーである。比較的安価であることから、近年教育の分野でも多くその活用が検討されている。Processing 言語は教育用途に開発されたプログラミング言語であり、Windows,Mac,Linux などのパソコン OS 上で動作する。習得がしやすくビジュアル表現に優れているため、こちらも多くの教育現場で使われている。これら、入手しやすく教育現場で使われているハードとソフトで教具を構成することで、本研究の成果を広く活かせるようになると考えた。

「データに見立てる教具」としては、'フラグ'と名付けたカード教具を用いた(図 4)。それぞれのフラグには数と対応した色を塗った。持ち易さを考慮して'持ち手'を付けられるようにした。持ち手にはひらがなの点字シールを貼り、活動中にどの持ち手を使っているかを学習者が認識できるようにした。フラグと持ち手は付け替えができるようにし、ゲームごとに組合せを変えることで、記憶に頼らず比較を行えるようにした。更に、ゲーム後にフラグの並んだ状態を学習者自身で確認するために、フラグの中央に数値情報の点字シールを貼った。

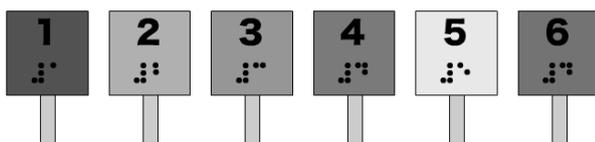


図 4 フラグ 6 枚のイメージ
Fig. 4 Image of 6 flags

「大小比較を行う教具」として、Kinect センサーで読み取ったフラグの色情報を数値情報に変換するソフトを、Processing 言語で開発した。「大小比較した結果」を知らせる手段として、そのソフトに比較結果を右・左で区別する 2 種類の音声で伝える仕組みを作った(図 2)。その際、モニタには数の大きさに対応したブロック図形が表示され、授業者が学習者の座り位置とソフトの動作を確認できるようにした(図 5)。

4. 評価実験

4.1 調査項目

前章にて開発した支援教具を用いて、重度視覚障害者 1

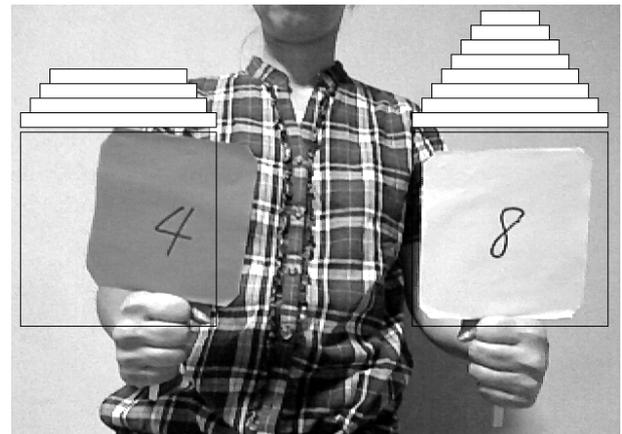


図 5 授業者が確認するためのモニタ
Fig. 5 Monitor for the teacher

名を被験者とした評価実験を行うこととした。調査項目は以下の 2 観点である。

- (1) 学習の効果
- (2) 教具の課題

4.1.1 学習の効果

実験を通して被験者が CS アンプラグドオリジナルと同等の活動ができ、学習効果が得られたかどうかについて、被験者の「行動」や「発話」から観察して考察することとした。

「行動」に関しては、被験者のフラグの動かし方に注目する。被験者の意図の有無はフラグの選び方に表れる。特に、特定のアルゴリズムを実行すれば、どのようにフラグを選ぶかを予測できるため、理解度の掌握に繋がる。

「発話」に関しては、事前に疑問点やわかったこと、行動の意図などを言葉にするよう指示しておく。それらから、理解の有無や程度を推察する。

4.1.2 教具の課題

教具が正しく動作するかどうかは、学習の進行や学習者の集中力に影響を与える。そこで、学習効果を高めるために、教具の精度や被験者のフラグの使い方など学習に影響を与える課題を調査し、改善点を考察することとした。

教具の精度に関しては、フラグの角度や学習者の動きなど色に影響を与える要素が多い。色が誤認識されると、比較結果も正しく被験者に伝わらない。そこで、どの程度の精度があるかを調査する。

フラグに関しては、被験者の選び方、置き方に注目する。フラグは、大小比較をするだけでなく、机上にて移動や交換を繰り返す。被験者がどのようにフラグを動かすかは、物理的な動かし易さと、頭の中での整理の仕方に依存する。ソート法によって置き方が異なることも考えられ、どのソート法を学習で扱えるかという判断材料になる。このように、被験者のフラグの扱い方は、教具の良し悪しを決める重要な要素となる。

4.2 被験者

評価実験の被験者は重度視覚障害の女子大学生である。「両眼の視力の和が0.01以下」という視覚障害の1級で、光をほとんど感じることができない。視覚は働かないが、優れた聴覚と触覚及び記憶能力を持っている。盲学校の高等部において情報科を学んでいたため、簡単なプログラミングの経験はあるが、ソーティングなどのアルゴリズムについては学んでいなかった。

4.3 評価実験

評価実験は、まず、フラグ2~3枚で教具の使い方と学習内容を理解させ、その後、フラグの枚数を増やして、「アルゴリズムを考える時間」と「アルゴリズムを理解する時間」を作ることとした。その間、4.1節で示した観点を中心に、被験者を観察することとした。

4.3.1 教具の練習と注意事項

まずは被験者にフラグを渡し、使い方の説明をした。2本のフラグをセンサーへ向けることで、比較結果が音声で得られることを理解させた。その際、色を塗った面を確実にセンサーの方向へ向けることを指示した。被験者自身もフラグをいろいろと動かしながら、どのような動作で音声情報が得られるかを模索した。その際に、パタパタと仰ぎ動作をすることで正確な比較結果を得られることと音声が続くように流れるようになることを学び取った。また、3本のフラグから2本の比較を繰り返せば、最大値のフラグを見つけ出せることも、被験者自身で学び取った。

教具の基本的な使い方ができるようになったところで、フラグを6枚に増やし、アルゴリズム学習時の注意事項を伝えた。重度視覚障害者の空間的な認識能力の低さを考慮して、比較するフラグを身体の前に並べ、目的とするフラグをすぐには選べるようにしておくことを強調した。

- フラグは身体の前に置き、選び易い状態にしておく
- フラグの移動や交換してもよい
- 比較回数を数える
- 比較回数は少ないほど
- 整列後の位置がわかったフラグは別の場所へ移して比較対象から外す

これらの練習で、被験者がどのフラグを選び、比較後にどこに置くか、ということをおおよそできるようになるまで15分を費やした。

4.3.2 アルゴリズム学習

アルゴリズムを学習する時間は、前半は被験者が自分で「アルゴリズムを考える時間」、後半は授業者から「アルゴリズムを学ぶ時間」とした。

「アルゴリズムを考える時間」では、被験者自身で試行錯誤しながら、自由に手順を考えるよう指示した。被験者は、教具の使い方を練習している間に学び取った最大値の考え方を応用し、6本のフラグを並べようと試みた。順位

が未確定のフラグは身体の前に並べておき、順位が確定したフラグは順次、身体の前側に並べていった。10分間練習した後、持ち手とフラグの組合せを変えて「本番」を実行させた。被験者は、隣り合った2本のフラグを順に選んで比較した。比較後は、大きい方のフラグを常に右手に残して比較を繰り返した。小さい方のフラグは、その前の比較で使ったフラグの空いた位置に戻していった。一巡（この場合は5回の比較）して最大値を求めた(図6)。「今度はこの中の最大値を求める」と言って残った5本のフラグを指差した。被験者が行ったのは基本的なソート法であるバブルソートであった。

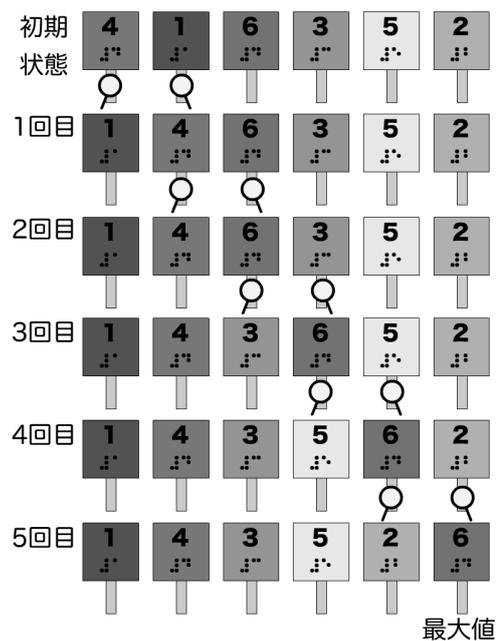


図6 バブルソート
 Fig. 6 Bubble sort

しかし、二巡目に入るところで「これとこれはさっき比較した」と言って、比較をせずに大きい方のフラグだけを右手に取って先へ進んだ。続きの比較についても、一巡目に比較したかどうかを思い出そうとしていた。合計で10回の比較を行ったとき、被験者は整列できたと言って、身体の前側に正しく並んだ6枚のフラグを指差した。被験者自身も整列ができたことを、フラグに付けられた点字を確認した。

「アルゴリズムを学ぶ時間」では、本番で実行した方法がバブルソートというアルゴリズムであることを告げた。ただし、被験者が比較をするかしないかの判断に使った「記憶」をコンピュータは持たず、同じフラグの比較を繰り返す必要があることを説明した。その上で、6枚のフラグをコンピュータが行うように比較したら何回の比較が必要になるかを考えさせたところ、少し考えた後に15回と正答した。

次に、別のアルゴリズムを説明するために、1本のフラグを渡し、これより大きいフラグは右側、小さいフラグは左側に置くよう指示した。被験者は指示通り5回の比較をした。その結果、右側が2本、左側が3本とフラグが別れた。このことから何がわかるかを被験者に聞いたところ、「持っているフラグが3番目に大きい」と正答を答えた。これは、基準値を使うクイックソートと呼ばれるアルゴリズムである。その後の比較を被験者に行わせたところ、合計6回の比較で整列を完了した。被験者も点字で正しく整列できたことを確認した。

実験を通して被験者の動きは、全体にゆっくりしていた。その中でも、特に時間を要したのは、フラグを探す行為と置き場所を探す行為であった。比較したいフラグが見つからず、持ち手の点字を順に確かめたり、端から何本目のフラグかを数える行動も観察された。比較結果を知らせる音に対しては、「音がしつこい」と口に出した。アルゴリズム学習の開始から1時間が経過したところで、被験者の疲労した様子から、実験を終了した。

その後、学習内容や教具について被験者本人に聞き取り調査をした。バブルソートについては「全体が見えないので端から比較した」と自然な考えで発見的に理解できたことを説明した。しかし、「なぜ一度比較したフラグの組合せを繰り返さなければいけないのか、よくわからない」とその点に関して納得していない様子であった。クイックソートについては「すぐに整列できたので凄いなと思った」と率直な感想を述べた。

全体的な感想としては「楽しかったけれど、疲れた」と答えた。楽しかった理由としては、「整列ができて凄いなと思った」と答え、疲れた理由としては、「考えるのが大変」「フラグが見つからない」「どこに置けばいいかわからない」「音がうるさい」の4点を答えた。

5. 考察

評価実験の結果から、4.1節で示した2観点との関連を考察する。

「学習の効果」に関しては、被験者は支援教具を上手く使いこなし、自然とバブルソートの考え方に辿り着いた。クイックソートについても理解した。比較回数という計算量の概念も、大まかに理解した。これらの事実及び本人のコメントから、CSアンブラグドのアルゴリズム学習法に一定の学習効果はあったと言える。支援教具も学習を可能にする最低レベルの精度は有していた。このことから、重度視覚障害者であってもCSでアルゴリズムを学習することは可能である。しかし、他のアルゴリズムやアルゴリズム毎の計算量の違いなどを理解できるかどうか検証はできていない。これらは後述するフラグの置き場所とも関連する課題である。教具作りと関連させて今後検討する必要がある。

また、今回の研究では被験者が1人だけであった。被験者は本支援教具を用いてCSアンブラグドの学習を行うことができた。しかし、このことは「他の重度視覚障害者も同様の学習効果を得られるか」や「視覚障害者はアルゴリズム思考に適しているか」という疑問の答えにはなっていない。今後はこれらの疑問に答えるためのデータを集めることも課題として残った。

「教具の課題」については、(1)フラグの形状と置き場所(2)結果を知らせる音声(3)色の読み取り精度に改善すべき点があることがわかった。

(1)比較した後のフラグをどこに置くかは、この学習と教具作りの大きな課題であった。重度視覚障害者は触覚によって事物の存在や位置を確認するが、認識できる範囲は狭い。そのため、フラグの大きさや置き場所を適切な状態で作り、学習者が迷わずフラグの選択と設置ができる環境を構築する必要がある。フラグの置き場所の問題は扱うソート法選びにも影響する。被験者が自然とバブルソートを行ったのは、隣同士で選び易かったことが原因とも考えられる。しかし、学習において被験者は目的とするフラグを選ぶことに手間取ったり、適切な置き場所が見つからず、迷っていた。基本的なソート法である選択ソートは、交換対象のフラグ間の距離が一定ではない。挿入ソートやマージソートなどCSアンブラグドで紹介されている他のソート法についても、それぞれに独特なフラグ配置が必要である。これらのソート法については、学習の困難が予想される。このことから、フラグの形状と置き場所を検討しなければ、多くのソート法を扱うことができず、一般的な学習法にはならない。

(2)比較結果を知らせる音は、単調で何度も繰り返されるため、快適な学習環境を提供できなかった。「音がしつこい」と被験者は口にした。途中で音を変えるなど、改善方法を検討する必要がある。

(3)データを表す教具としてフラグを利用した。色に情報を持たせ、Kinectセンサーで読み取らせたが、被験者の服や背景、フラグの傾きでの色の変化など、読み取りに影響を与える要素が多かった。そのため、センサーが誤認識したり、比較結果を間違えて被験者に伝えたこともあった。今回の実験では被験者の意思決定に影響しなかったが、円滑な学習を妨げることになった。今後は、読み取りの精度の向上や、他の読み取り方法の検討が必要である。

(1)~(3)の課題はいずれも学習者の集中や疲労に影響を与える。[14]で示したように、アルゴリズムを実行する回数が理解度にも影響を与えるため、快適な学習環境づくりが必要である。

6. まとめ

身体性の高い学習法であるCSアンブラグドのアルゴリズム学習法について、視覚情報の代わりに、データの大小

を比較した結果を音で知らせる支援教具を開発し、重度視覚障害者を被験者とした評価実験を行った。被験者は2つのソートアルゴリズムを理解し、CS アンプラグドが重度視覚障害者にも活用できる学習法であることを示した。

ただし、現時点の教具では快適な学習環境が得られていない。このことは、アルゴリズムの理解と学習できるアルゴリズムの種類を制限をする。快適な学習環境を得るには、データとして用いたフラグとその置き場所に改善が必要である。それらを踏まえて教具の改善や教具の開発が必要であることがわかった。

CS アンプラグド学習の視覚障害者支援という分野は、はじまったばかりである。今後も継続して教具や学習法の検討をすると共に、理解度を数値化するなどして、研究に客観性を持たせていきたいと考えている。今後も CS アンプラグド学習法の利点をより多くの人々が得られるように、研究を続けたい。

謝辞

本研究は、科学研究費補助金 (奨励研究)25910013 の補助を受けています。

参考文献

- [1] Tim Bell, Jason Alexander, Isaac Freeman, Mick Grimley: Computer Science Unplugged: School Students Doing Real Computing Without Computers, The NZ Journal of applied computing and information technology, Vol. 13, No. 1, pp.20-29(2009).
- [2] 兼宗進監訳: コンピュータを使わない情報教育 アンプラグドコンピュータサイエンス, イーテキスト研究所 (2007). <http://www.etext.jp/>
- [3] Tomohiro Nishida, Susumu Kanemune, Yukio Idosaka, Mitaro Namiki, Tim Bell, Yasushi Kuno: A CS unplugged design pattern ISSEP 2008 Proceedings, LNCS 5090, Springer, pp.241-252, 2008.
- [4] Computer Science Teachers Association: A Model Curriculum for K-12 Computer Science - Final Report of the ACM Task Force Curriculum Committee, Technical Report(2003).
- [5] 長岡英司: 重度視覚障害者のソフトウェア開発技能の職業的有用性, 職業リハビリテーション 16, p.43-51(2003).
- [6] 長岡英司: 重度視覚障害者による Java プログラミングの可能性, 筑波技術短期大学テクノレポート 12, pp.21-26(2005).
- [7] 大山信郎: 特殊教育事典, 第一法規出版, (1968).
- [8] 角本順次: 視覚的思考-視覚障害児の認知特性に関する予備的考察 (1), 教育学部論集 9, pp.119-130(1998).
- [9] 石部元雄: ハンディキャップ教育・福祉事典, 福村出版, (1994).
- [10] 鈴木力二: 図説盲教育史事典, 日本図書センター, (1985)
- [11] 大川原潔: 心身障害児教育・福祉・医療総合事典, 第一法規出版, (1977).
- [12] Hiroki Manabe, Susumu Kanemune, Mitaro Namiki, Yoshiaki Nakano: CS Unplugged Assisted Digital Materials for Handicapped Persons at School, ISSEP2011, Informatics in Schools(LNCS7013), pp.82-93, 2011
- [13] Tim Bell, Mick Grimley, Giovanni Bianco, Daniela Marghitu, Hiroki Manabe: "Kinesthetic Computer Sci-

- ence activities in a virtual world", SIGCSE2009, 2009
- [14] 間辺広樹, 兼宗進, 並木美太郎: CS アンプラグドのアルゴリズム学習における教具による理解度への影響, 情報処理学会論文誌 54(1), pp.14-23, (2013).