

人型ピクトグラムを用いたソートアルゴリズムを学ぶ アプリケーション「人型ピクソートグラム」の拡張と評価

渡辺大智[†] 御家雄一[‡] 伊藤一成[†]

[†] 青山学院大学社会情報学部 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5 丁目 10-1

[‡] 青山学院大学大学院社会情報学研究科 〒252-5258 神奈川県相模原市中央区淵野辺 5 丁目 10-1

あらまし 高等学校の必修科目である「情報 I」では、学習内容の 1 つに問題を解決するための手順や計算方法を指すアルゴリズムがある。アルゴリズムは、踏み込んで教授しようとする、プログラミングの要素が含まれており、プログラミングの概念を習得することが難しい上にアルゴリズムの概念との融合となると、より一層理解が容易でない。アルゴリズムを学習する際にソートを用いられていることが多い。ソートは人物の名前を五十音順に並べ替えるような身近にあるアルゴリズムでもある。我々は、自己を投影すると言われている人型ピクトグラムを題材に遊具のシーソーで遊んだ体験知と結び付け、ソートアルゴリズムを学習できる Web アプリケーション“人型ピクソートグラム”を開発してきたが、今回、機能を追加した上で、実際に高等学校で授業利用し、評価した。評価の結果、本アプリケーションのアルゴリズム学習における有効性を得ることができたので報告する。

キーワード 情報 I, ソートアルゴリズム, 人型ピクトグラム

1. はじめに

ソートアルゴリズムは、高等学校必修科目「情報 I」の「コンピュータとプログラミング」でアルゴリズムを表現する手段について学習する際に代表的なアルゴリズムとして採用されている。ソートアルゴリズムは、高等学校情報科「情報 I」教員研修用教材では、『問題の解決には様々な方法があり、それらを比較検討し、最善の方法を見つけることの重要性について理解させる』ことを目的として例示されている[1][2]。

アルゴリズムをプログラミング言語を使って教える場合、プログラミング言語の基礎が不十分な生徒にとって理解が難しい場合がある。そのため、ソートアルゴリズムに関しても、プログラミング言語やコンピュータを用いない CS アンプラグドの技法を用いた教授法も提案されている[3][4]。

ピクトグラムはコンテンツ表現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など想起させる効果があると言われている。有名な「非常口」ピクトグラムのデザインの策定に関わった太田は“走る人型を囲む空間が見る人を包む空間とつながって走る人は見る人の投影になる”と述べ[5]、実際に避難中の人が如何に出口へ向かって走る人型ピクトグラムを見たときに、自身に投影し、同一視するかにデザインの労力が払われた。

このピクトグラムの特徴を利用して、情報デザインやプログラミングの学習[6]、データ活用に関する学習[7]など

各種学習用アプリケーションを、我々の研究グループは開発している。ソートアルゴリズムの学習についても、アプリケーション「人型ピクソートグラム」¹（以下、ピクソート）を実装しインターネット上で公開している[8]。CS アンプラグドでは、天秤と重りを使い、重りを重さ順に並べる過程でソートアルゴリズムを体感し学ぶ手法が提案されているが、「人型ピクソートグラム」では、おもりを人型ピクトグラム、天秤をシーソーに変更しているのが特徴である。今回機能追加を行い、さらに評価実験を行い有効性について検証したので報告する。以下、2 章でアプリケーションの概要を示し、3 章で評価実験について説明する。4 章では、まとめと今後の展望について述べる。

2. 実装アプリケーション

2.1 概要

“ピクソート”のスクリーンショットを図 1 に示す。ピクソートには、手動で人型ピクトグラム（以下、ピクト選手）を整列する「手動整列機能」と、自動でピクト選手を整列する過程をアニメーション提示する「自動整列機能」を実装した。今回は自動整列機能に、バブルソート、挿入ソート、クイックソートに加え、選択ソートを追加した。また、授業活用時に自動整列を実行するボタンを非表示する機能を実装し、この機能が有効な状態を自動整列ボタン非表示状態とする。

¹ 以下の URL から利用可能である。

<https://pictogramming.org/apps/humanpicsortgram/>

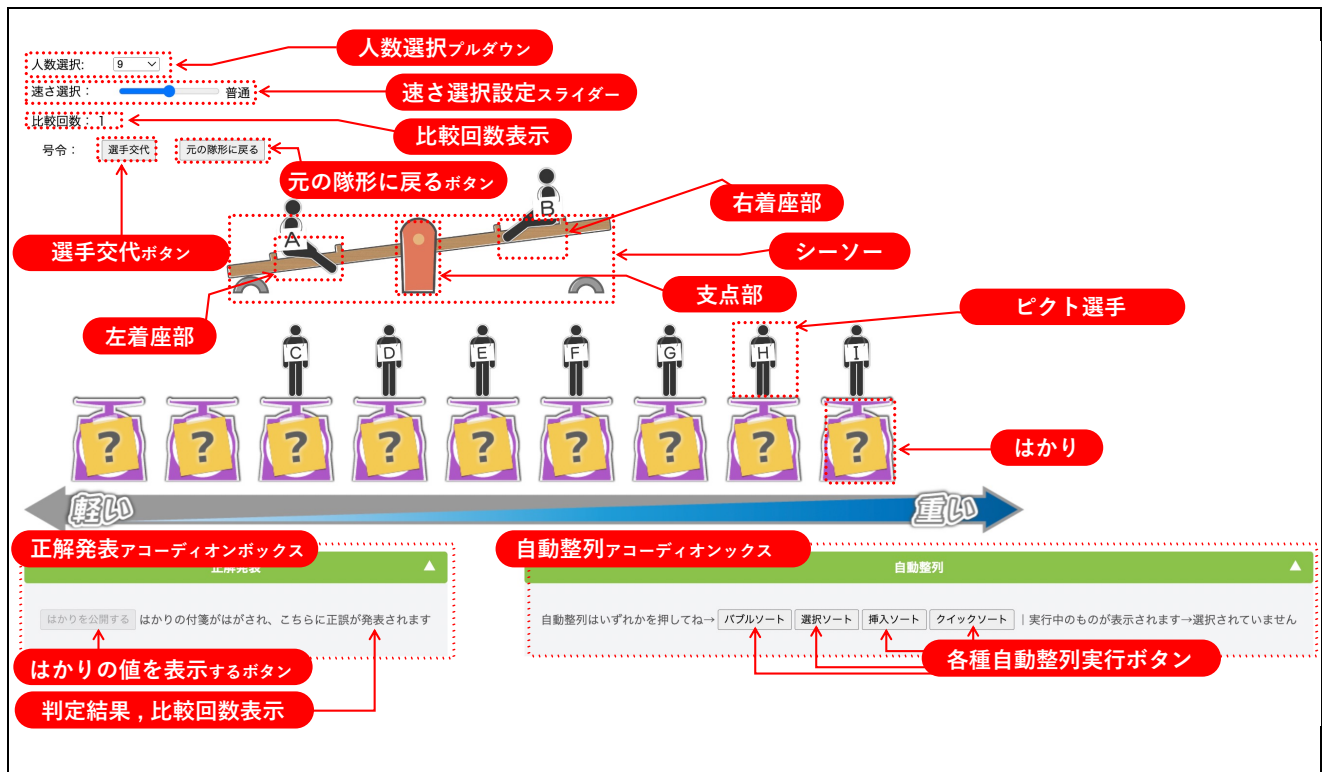


図1 “ピクソート”のスクリーンショット

2.2 手動整列機能の操作手順

ピクソートの手動整列機能の操作手順を、次の(1)～(4)に示す。

(1) 整列するピクト選手の人数の決定

ピクソートの利用者（以下、利用者）が図1の画面左上の「人数選択用プルダウン」から人数を選択すると、人数分のピクト選手とはかりをそれぞれ横一列に表示する。表示するピクト選手とはかりは1対1の関係で上下に配置するように表示し、まるで人間がはかりの上に乗っているように見せる。人数選択は2から9人の8通りから1通りを選択する。「人数選択用プルダウン」で人数を変更すると、表示されていたピクト選手は画面外に退場し、選択された人数に応じてピクト選手が入場する。表示するそれぞれのピクト選手を個別の個体として識別できるように、それぞれの字が重複しないアルファベット1文字を書いたプラカードを首に掛けている。表示した複数人のピクト選手にはそれぞれ異なる体重を設定し、その体重差をもとに整列を行う。

(2) シーソーによる重さの比較

図1のスクリーンショットにあるピクト選手とシーソーを用いて重さ比較をする。比較対象のピクト選手をドラッグ操作で移動し、シーソーのいずれかの着座部でドロップすることでピクト選手が着座する。この時、表示するピクト選手のグラフィックは直立状態からシーソーに着座した状態に変化する。ピクト選手が着座すると、それぞれのピ

クト選手の体重に応じてシーソーが傾く。支点部からの長さに関する思案をなくすため、各着座部の近くの一定の領域内でピクト選手をドロップしたときに、支点部から同一距離の各着座部に着座する。また、着座しているピクト選手をシーソーの着座部ではないところでドロップすると、直立のピクト選手に戻る。これにより、シーソーに着座しているかいないかを識別できるようにしている。ソートアルゴリズムの特徴である1対1の値の比較を再現するため、ピクト選手の体重の比較は1体対1体での比較とし、2体対1体や2体対2体などの一方が多人数、また両端が多人数での比較はできない。ピクト選手が乗っているシーソーの着座部に他のピクト選手を着座させようとするときシーソーに後から乗せたピクト選手を除外する。除外したピクト選手は、人数選択の際に乗っていたはかりに自動配置する。

図1のようにシーソーの両着座部にピクト選手が着座された状態を「比較状態」とする。ここで左の着座部を左着座部、右の着座部を右着座部と呼ぶ。着座部に着目するとピクト選手が着座した状態と空席の状態の2種類が存在し、それぞれ「着座状態」と「空席状態」と呼ぶ。左着座部と右着座部が着座状態になったとき、すなわち比較状態になったときに比較回数を1回増加する。比較回数は画面左上に常時表示する。また比較状態から右着座部もしくは左着座部が1度空席状態になり、比較状態になったときに1回増加する。人数選択を変更する度にカウントを0回にリセットする。また、画面左上には号令ボタンを2つ用意して

いる。ボタン 2 つのうち、左側の“選手交代”ボタンは、一度ピクト選手を画面外へ退場させてピクト選手の選択人数は固定のまま異なるピクト選手を呼ぶことで順序をシャッフルする機能を有する。一方で、右側の“元の隊形に戻る”ボタンは、はかりの上にアルファベット順に整列し直す機能を有する。その際、各ピクト選手に体重として設定されている数値はそのままにしている。この機能により、自動整列を見た後に、手動で同じようにソートの手順を模倣することができるため、ソートの理解を促進させることが期待される。さらに、自動整列のアニメーション中は“選手交代”ボタンと“元の隊形に戻る”ボタンを無効化している。これにより、ソートの手順の一連の流れを最後まで見ることを促し、自動整列を中断することによるソート理解の誤りを防ぐことを期待している。左右どちらの号令ボタンを押しても、比較回数を 0 回にリセットする。同様に、2.3 節で説明する自動整列時にも比較回数が 0 回にリセットする。

(3) 並べ替え

利用者は、ピクト選手をドラッグアンドドロップで並べ替えて、それぞれはかりに乗せることができる。シーソーに着座したときと同様に、はかりの近くの一定の領域内でピクト選手をドロップしたときに、座標指定したはかり上の中央に自動配置するようにしている。この自動配置により、はかりにピクト選手を乗せたことを認識させている。この配置が次の(4)整列判定の際の判定要素となる。

(4) 整列判定

利用者が手動、もしくは自動でピクト選手を昇順に並べたら判定する。判定は、画面左下にある判定するボタンと、正誤、最終比較回数を表示したものを格納するアコーディオンボックス（以下、正解発表アコーディオンボックス）を開いて“はかりを公開する”ボタンを押す。左からピクト選手の体重の値が昇順になるように並べられているかを判定する。判定すると、はかりの付箋がはがれてはかりに乗っているピクト選手の体重が公開される。“はかりを公開する”ボタンを押す前のはかりと押した後のはかりの画像を図 2 に示す。

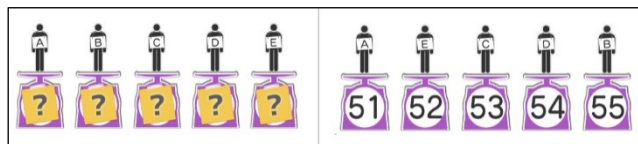


図 2 はかりの体重公開前後（左が公開前、右が公開後）

判定時には、ピクト選手の体重の昇順に並べられているかに関する正誤の表示と、最終比較回数を表示する。正解した場合と間違えた場合の表示例を図 3 に示す。



図 3 判定時の表示例
(左が正解の場合、右が不正解の場合)

アコーディオンボックスを採用することで、Web ページ内の情報量を調節し、必要に応じて使用する情報のみを表示できる。正解発表アコーディオンボックス内の“はかりを公開する”ボタンは、ピクト選手をすべてのはかりに乗せた状態の時のみ押すことができるため、判定を行うためにはピクト選手をはかりに乗せることが必要であることを促す。判定終了後にピクト選手の手動操作を不能にし、手動、または自動の並べ替えを終了する。

2.3 自動整列機能

自動整列機能実行時のスクリーンショットを図 4 に示す。

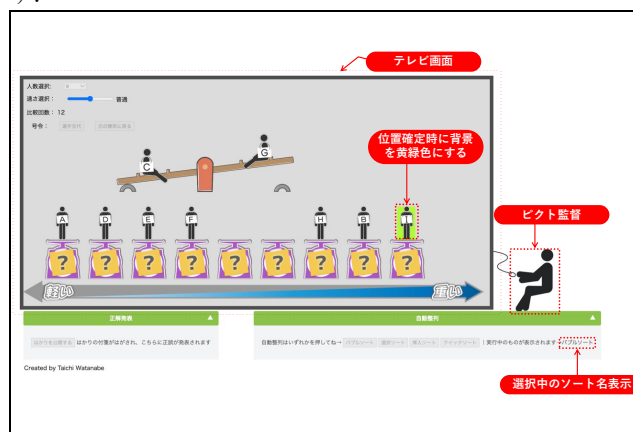


図 4 自動整列機能実行時のスクリーンショット

自動整列機能では、ソート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）で確認できる。自動整列の開始時に、アプリケーション画面の下部に表示した 2 つのアコーディオンボックスを除く操作範囲を、テレビ画面を模した枠（以下、テレビ画面）で囲む。テレビ画面の右側に人型ピクトグラム（以下、ピクト監督）を配置し、テレビ画面内の各ソートによる整列を操作しているように表示している。これにより、利用者に代わり、ピクト監督がアプリケーションを操作していることを認識させている。これは、利用者がピクト監督を模倣するように促している。また、ピクト選手を移動させた状態で自動整列を実行すると、ピクト選手はアルファベット順にはかりの上に戻ってから比較を行う。

本アプリケーションの自動整列機能で実装しているソートアルゴリズムはバブルソート、挿入ソート、クイックソートの 3 種類であったが、今回選択ソートを追加し新たに

4 種類となった。実行画面右下に表示している自動整列用のアコーディオンボックス（以下、自動整列アコーディオンボックス）を開くと、各ソートのボタンを表示する。各ソートの自動整列は 1 つを実行すると、自動整列ボタンの右に実行中のソート名を表示する。そうすることで、実行しているソートを利用者に認識させる。また、自動整列実行時は、ピクト選手を操作することを不能にし、利用者の操作を禁止している。自動整列が終了した後に画面左上にある「選手交代」ボタンか「元の隊形に戻る」ボタンを押すか、左上の人数選択を行うまで、各ソートのボタンを無効化している。自動整列終了時にも自動整列アコーディオンボックスにある各ソートボタンを無効化にすることで、選択した人数での比較を強制的に終了させている。

それぞれのソートのアルゴリズムについては次に示す。

(1) バブルソートによる自動整列機能

自動整列アコーディオンボックスを開いて「バブルソート」と書かれたボタンを押すと、バブルソートのアルゴリズムに基づいてピクト選手を自動で並べ替えるアルゴリズムアニメーションを開始する。本アプリケーションのバブルソートでは体重の値が最も大きいピクト選手から決定していくアルゴリズムである。比較する過程で、シーソーで比較するごとに 2 人のピクト選手の体重を昇順に入れ替える。対象のピクト選手と残りのピクト選手を比較して最も重いものを決定し、その決定したピクト選手を除いて次に最も重いものを決定していく。この手順を繰り返し、整列する。

はかりに乗せる位置が確定したピクト選手は、背後の色を変えて視覚的に認識させる。ピクト選手の位置が確定した際の表示は(2)選択ソートによる自動整列機能と(3)挿入ソートによる自動整列機能、(4)クイックソートによる自動整列機能の実行時でも同様である。

図 1 の画面左上にある「速さ選択用スライダー」の位置を変更することでアニメーションの速さを変更できる。速さは、遅い、普通、速い、の 3 段階にしている。自動整列時の途中で速さを変更可能にすることで、必要な部分のみ注意深く指定したソートアルゴリズムを観察することができる。速さ選択は、手動整列時のシーソーに着座してシーソーが傾くまでの速さ、および、はかりの中央に自動配置される速さを調整している。速さは「速さ選択用スライダー」で常に調整できる。速さ選択は(2)選択ソートによる自動整列機能と(3)挿入ソートによる自動整列機能、(4)クイックソートによる自動整列機能の実行時でも使用可能である。

(2) 選択ソートによる自動整列機能

自動整列アコーディオンボックスを開いて「選択ソート」と書かれたボタンを押すと、選択ソートのアルゴリズムに

基づいてピクト選手を自動で並べ替えるアルゴリズムアニメーションを開始する。本アプリケーションの選択ソートでは(1)のバブルソートによる自動整列機能で説明したアルゴリズムと同様、体重の値が最も大きいピクト選手から決定するアルゴリズムである。バブルソートとの相違点は、確定したピクト選手を除いた横一列に並んだピクト選手の中で最も体重の重いピクト選手が確定した時に、最も右に位置するピクト選手と交換する点にある。この手順を繰り返し、整列する。

(3) 挿入ソートによる自動整列機能

自動整列アコーディオンボックスを開いて「挿入ソート」と書かれたボタンを押すと、挿入ソートのアルゴリズムに基づいてピクト選手を自動で並べ替えるアルゴリズムアニメーションを開始する。本アプリケーションの挿入ソートでは左から順に右隣のピクト選手と比較して、軽い場合は更に左隣のピクト選手と比較する。自身のほうが重い場合には比較したピクト選手の右側に挿入する。また、自身の方が軽い場合には比較したピクト選手の左側に挿入する。この手順を繰り返すことで並べ替える。

(4) クイックソートによる自動整列機能

自動整列アコーディオンボックスを開いて「クイックソート」と書かれたボタンを押すと、クイックソートのアルゴリズムに基づいてピクト選手を自動で並べ替えるアルゴリズムアニメーションを開始する。本アプリケーションのクイックソートでは、中央の位置のピクト選手（人数が偶数の場合には、中央の 2 人の中の右側）を基準として、他のピクト選手を、基準より重いグループと軽いグループに分類し、それぞれ右端と左端にまとめて配置する。この手順をグループごとに繰り返し、並べ替える。

2.4 自動整列ボタン非表示機能

自動整列ボタン非表示機能は、授業で手動整列機能のみ操作を促すための機能である。この機能により、自動整列機能を非表示の状態でアプリケーションの表示を可能とした。URL のクエリパラメータに ?hide の文字列を追加することで、自動整列機能を非表示の状態にできる。

3. 評価

3.1 概要

評価実験では、本アプリケーションを使用してソートアルゴリズムの理解を促す有効性の検証を目的とした。高等学校の情報 I の授業利用を想定したため、東京都立南多摩中等教育学校に通う高校 1 年生 4 クラスの生徒計 117 名を対象に、情報 I の授業で利用した。授業者は、第 2 著者である。授業時間は 45 分間で 4 クラスそれぞれ 1 回分の授業

で実施した。授業は一般的な PC 実習室が配当されている。実施日は 2022 年 11 月 21 日（月曜日）である。

3.2 授業内容

授業開始後、授業者が直近の学校行事の話などをして生徒同士が話しやすい雰囲気を作ったのちに、アプリケーションに触らせた。自動整列ボタン非表示状態の URL を開かせ、具体的な操作指示は出さず、授業者は「触ってみて」のみの指示で生徒がアプリケーションに触れた。その際に生徒は「動かせた」や「ここ乗せられる」、「近くに置くと勝手に動かせる」、「どうやって乗せる？」のような会話が聞こえた。30 秒程度隣席の生徒同士で操作方法を相談する会話が聞こえたが、操作方法が分かったあと、生徒たちは黙々と画面上のピクト選手をシーソーに乗せて下ろすことをした。この際にピクト選手をその重さの昇順あるいは降順に並べ替える様子が見られた。

画面上を自由にクリックやドラッグなどの操作をさせた後、UI の共通理解を促すために、画面中央にあるイラストがシーソーであり、ピクト選手を乗せる台がはかりであることを授業者が説明した。また、シーソーを使ってピクト選手の重さの昇順に並べ替えることを説明した。

選手交代ボタンを押下したのちにピクト選手の人数を 3 名にして、3 名の比較が何回で終わるかを指導者は生徒に聞いた。3 名のピクト選手が昇順になるための比較回数を、GoogleForm を使用して収集し、集計結果をリアルタイムに見られるよう生徒 2 名ごとの間にある中間モニタに表示した。これは、すべて他者任せにせず個々が思考した結果をアウトプットするために使用している。そのため、正確な集計はしていないが比較回数 3 もしくは 2 と回答するなか、0 という回答も 3、4 つあった。選手交代ボタンを押下した結果、初期状態で昇順になっているため、比較回数 0 回で昇順になるといった意図であった。

次いで、人数選択を 4 名にして確実に昇順になるための回数を同様に聞いた。授業者は「一か八かは駄目です。確実に今昇順ですと言えるためにはシーソーで何回比較しますか。」と聞いた。人数選択を 3 名にしたときと同様に GoogleForm で比較回数を収集した。比較回数の質問と併記してシーソーを使った比較をどういった手順で実施したかについて文章で書かせた。それを即時中間モニタで共有するため、他者の考え方などを見て隣席の生徒同士で議論させた。

1 分間程度議論をさせたのちに授業者が具体的な動作ではなく、「左から何番目と何番目をどのように動かす」のような抽象的な指示ができるようにしなければならないことを示した。そこで具体例として NHK 教育の大人のピタゴラススイッチで放送されたコンテンツのしめじソートの動

画を示した。しめじソートはしめじの長さに着目してマージソートの手順をテンポよく示した動画である。

自動整列機能のある URL を提示し、生徒は改めて Web ページを開き直した。また Web ページを開いた直後は自由に触れる時間を設け、自動整列ボタン非表示状態との差分である部分を自由に触れられるようにした。2 分間程度自由に触れたのちに全員一斉に自動整列を開始した。6 人・速い・バブルソートを授業者の「用意、スタート」の合図で一斉にスタートさせた。その後比較回数を全員で一斉に発言し、全員が同じ比較回数であることを確認した。

GoogleForm で長文記述欄を用意し、そこにバブルソートの手順を書かせた。これまでと同様に生徒が提出した文言は中間モニタにリアルタイムに更新される。

ここでバブルソートはバブルのように小さい(もしくはは大きな)値から上の方に上がっていくかのようなことを示した。

その後 7 人・速い・クイックソートを一斉に実施して比較回数を全員で一斉に発言し、全員が同じ比較回数でないことを確認した。GoogleForm で長文記述欄を用意し、そこにクイックソートの手順を書かせた。これまでと同様に生徒が提出した文言は中間モニタにリアルタイムに更新される。ここでソートの種類によって手順や回数などの特徴が異なることを気づかせた。

その後 NHK 教育の大人のピタゴラススイッチで放送されたコンテンツのじゃがいもソートの動画を示した。じゃがいもソートは、じゃがいもの重さに着目してクイックソートの手順をテンポよく示した動画である。

3.3 評価・結果

授業終了後、アンケートを行った。質問内容を表 1 に示す。質問項目は 13 項目である。質問 1～12 はいずれも 4 段階選択の回答選択肢を用意した。回答選択肢の内容は、「そう思う」、「ややそう思う」、「ややそう思わない」、「そう思わない」とした。質問 13 は自由記述形式である。アンケートにおける質問 1～12 の回答結果を表 2 に示す。質問 1 から 12 は全て 4 段階選択であり、「そう思う」、「ややそう思う」、「ややそう思わない」、「そう思わない」の選択肢に対して、それぞれ 4 点、3 点、2 点、1 点を付与している。表 2 に記載している「平均」は 4 段階の選択肢の合計回答数にそれぞれ付与した点数を掛け算したものの和に対して回答者数の 117 人で割ったものである。割り切れない場合は小数第三位を四捨五入している。また、質問 13 の自由記述について、本アプリケーションの特徴やねらいがとらえられている生徒の記述を選択して抜粋したものを表 3 に示す。回答者は匿名のため、数字の昇順で表す。

表1 アンケートにおける質問の内容

質問	内容	回答形式
1	自動アニメーションを見て、自分自身の言葉で手順を書き表すことができた	4段階選択
2	記録回数の差がなぜ発生するか考えた	4段階選択
3	同じ手順を繰り返すということを感じくきっかけになった	4段階選択
4	今回の授業内容は楽しかった	4段階選択
5	シーソーを見たときに、説明なく、あなたの過去の経験から左右の重さを比較することが出来るとわかった	4段階選択
6	はかりを見たときに、説明なく、あなたの過去の経験から重さを表示されるとわかった	4段階選択
7	シュールだった	4段階選択
8	このアプリは説明なくても操作できた	4段階選択
9	今日の授業の手順はわかりましたか	4段階選択
10	今日の授業の目的は理解できましたか	4段階選択
11	今日の授業の説明は十分でしたか	4段階選択
12	意欲を持って授業に取り組みましたか	4段階選択
13	この授業の感想・気づいたことを書いてください	自由記述

表2 アンケートにおける質問1～12の回答

	4点	3点	2点	1点	平均
質問1	79	35	2	1	3.64
質問2	86	30	1	0	3.73
質問3	103	14	0	0	3.88
質問4	106	11	0	0	3.91
質問5	96	16	3	2	3.76
質問6	90	22	3	2	3.71
質問7	48	52	8	9	3.19
質問8	75	36	3	3	3.56
質問9	108	9	0	0	3.92
質問10	104	13	0	0	3.89
質問11	110	7	0	0	3.94
質問12	110	7	0	0	3.94

表3 “この授業の感想・気づいたことを書いてください” 抜粋

回答者	内容
1	バブルソートとか、クイックソートとかがアニメーションで目で見えてわかるのでとてもわかりやすかったし、楽しかったです！
2	自分で動かしながら考えることができて、とても楽しかった。はじめは総当たりで比べてしまったので、アニメーションで教えてもらった通り効率よくできるようになりたいと思う。
3	最初にそれぞれのソートの説明を見た際に、何がどうなっているのがよくわからなかったが実際にやってみること・言語化することによって面白いほどよくわかった。やっぱり情報は教科書を読むなどではなく見る・やってみるの体験型の学習のほうが楽しいし、よく見につくと思った。
4	非常にわかりやすいアプリだったと思う。説明がなくても視覚的に、感覚的に使用方法がすぐにわかった。
5	今日は手作りのアプリを使った授業で、シーソーを用いてピクさんを重さ順に並べました。そこで初めて、ソート、というものがあることを知りました。シュミレーションをわざわざ作ってくださったおかげで、それぞれのソートがどのような特徴があり、どうやって重さを比較し並べていっているのがよく分かりました。また、選手交代の時にピクさんが一斉にわーっと画面外に走っていくのが可愛かったです。とても楽しかったので、このような授業をまたやりたいです。ありがとうございました！
6	今日の問題はゲーム形式となっていて、どの年代の人でも楽しめるがしっかり頭を使うものでとても楽しかった。映像の手順を実際に文字にする際、簡単にまとめすぎると順番が分からなくなるため少し難しかった。

3.4 考察

質問1～12のアンケート結果を通して、大きく3点に分けて考察を行なった。総合的に「そう思う」、「ややそう思う」の回答が多く、良好な結果が得られた。1点目は質問1, 2, 3から考えられることである。質問1のアンケート結果から「自動アニメーションを見て、自分自身の言葉で手順を書き表すことができた」という質問に対して回答者の平均が3.64であった。質問2のアンケート結果から、

「記録回数の差がなぜ発生するか考えた」という質問に対して回答者の平均が3.73であった。質問3のアンケート結果から、「同じ手順を繰り返すということを感じくきっかけになった」という質問に対して回答者の平均が3.88であった。これらの質問1, 2, 3の結果から、本アプリケーションを使用することで、アルゴリズムは同じ手順を繰り返しているという概念に気づくことができると考えられた。

さらに、種類の異なるアルゴリズムを学習することで、比較回数に差がでる理由を考えてみることを促し、アルゴリズムを踏み込んで学習するきっかけを提供できる可能性が考えられた。また、自動アニメーションを通して自分の言葉で手順を説明することができる結果から、自動整列機能はアルゴリズム学習において有効性が高いと考えられた。

アンケート結果を通して得られた2点目は、質問5, 6, 7, 8から考えられることである。質問5のアンケート結果から、「シーソーを見たときに、説明なく、あなたの過去の経験から左右の重さを比較することが出来るとわかった」という質問に対して回答者の平均が3.76であった。質問6のアンケート結果から、「はかりを見たときに、説明なく、あなたの過去の経験から重さを表示されるとわかった」という質問に対して回答者の平均が3.71であった。質問7のアンケート結果から、「シュールだった」という質問に対して回答者の平均が3.19であった。質問8のアンケート結果から、「このアプリは説明なくても操作できた」という質問に対して回答者の平均が3.56であった。これらの質問5, 6, 7, 8の結果から、本アプリケーションに組み込んだシーソーと人型ピクトグラム、はかりを活用することはアルゴリズム学習促進の観点から有効性が高いと考えられた。人型ピクトグラムとシーソーによってシーソーで遊んだ経験や、遊び方を知っていることによる体験知を生かしたこと、さらに、はかりを活用することで重さを測るという体験知を生かしたことで、本アプリケーションを説明なしに操作できた結果を得られたと考えられる。また、シュールさも生かすことで、より単純で直感的に分かりやすいアプリケーションとなったことが考えられる。そのため、高校生に限らず、プログラミング初学者やアルゴリズム未学習者でも本アプリケーションを活用することで、アルゴリズム学習促進につながる可能性が考えられた。

アンケート結果を通して得られた3点目は、質問4, 9, 10, 11, 12から考えられることである。質問4のアンケート結果から、「今日の授業内容は楽しかった」という質問に対して回答者の平均が3.91であった。質問9のアンケート結果から、「今日の授業の手順は分かりましたか」という質問に対して回答者の平均が3.92であった。質問10のアンケート結果から、「今日の授業の目的は理解できましたか」という質問に対して回答者の平均が3.89であった。質問11のアンケート結果から、「今日の授業の説明は十分でしたか」という質問に対して回答者の平均が3.94であった。質問12のアンケート結果から、「意欲を持って授業に取り組みましたか」という質問に対して回答者の平均が3.94であった。これらの質問4, 9, 10, 11, 12の結果から、本アプリケーションを授業の補助教材として用いることができる有効性が高いことが考えられた。また、目的を理解して意欲的な姿勢で取り組みながら楽しく授業を受けられた結果から、講義形式の授業で用いることでより学習促進を図ることができると考えられた。

表3の抜粋から考察を行った。回答者1, 2, 5の自由記述から自動整列機能を活用し、アルゴリズムアニメーションを見ることで各ソートアルゴリズムの特徴を理解することができたという感想から、アルゴリズムアニメーションを見て模倣することによってソートアルゴリズムの特徴の理解につながる可能性が高いということが考えられた。回答者3, 6の自由記述から、講義形式においては、実際に手を動かしながら体験する機会を設けることで講義内容の理解を深めることができ、その際活用するものがゲーム感覚で体験できることが学習意欲の高さに影響すると考えられた。これらの観点から、本アプリケーションを用いた講義形式の学習は有効性が高いことが考えられた。

4. まとめと今後の展望

人型ピクトグラムを用いたソートアルゴリズムを学ぶアプリケーション「人型ピクソートグラム」を拡張し、評価を行った。授業での評価実験を通して、本アプリケーションはアルゴリズム学習の有効性があると考えられる。今後は、他のソートアルゴリズムの追加や、学習の活用時においてさらなる利便性向上のため追加の拡張を行っていく予定である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 21H03560の助成を受けたものです。

参 考 文 献

- [1] 平成30年告示高等学校学習指導要領
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micr

- o_detail/_icsFiles/afiedfile/2018/07/11/1384661_6_1_2.pdf (2022年7月14日閲覧)
- [2] 高等学校情報科「情報I」教員研修用教材
https://www.mext.go.jp/content/20200722-mxt_jogai02-100013300_005.pdf (2022年7月14日閲覧)
- [3] 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.
https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/214932627/NZJACIT_Unplugged.pdf (2022年7月14日閲覧)
- [4] 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). (2022年7月14日閲覧)
- [5] 太田幸夫: ユニバーサル・コミュニケーションデザインの認識と実践
<https://forum8.co.jp/topic/universal107.htm> (2022年7月14日閲覧)
- [6] 伊藤一成: 複数のプログラミング言語で記述可能なピクトグラムコンテンツ作成環境の提案と実装, 情報処理学会論文誌 TCE, Vol.7, No.3, pp.1-11 (2021)
<https://pictogramming.org/materials/IPSJ-TCE0703002.pdf> (2022年12月15日閲覧)
- [7] 高橋伶奈, 御家雄一, 伊藤一成: 人型ピクトグラムを構成素とするピクトグラフ生成アプリケーション「Human Pictograph」の実装, 2022年度情報処理学会関西支部支部大会, (2022)
https://pictogramming.org/materials/IPSJ_KANSAI_D-02.pdf (2022年12月15日閲覧)
- [8] 渡辺大智, 御家雄一, 伊藤一成: 人型ピクトグラムを用いたソートアルゴリズムを学ぶアプリケーション「人型ピクソートグラム」の実装, 2022年度情報処理学会関西支部支部大会, (2022)
https://pictogramming.org/materials/IPSJ_KANSAI_D-01.pdf (2022年12月15日閲覧)