

聴覚障害学生向け実技演習における 教示履歴提示の有効性について

鈴木拓弥^{†1†2} 長嶋祐二^{†2}

概要: 聴覚障害学生を対象とした実技演習において、聴覚の代行として視覚情報による支援が中心となる。発表者も過去の研究において、視覚による情報保障を中心に進めてきたが、研究を進める中で、細かな操作を伴う場合やタイミングが重要な場面等においては、教員の行った実演の見逃しが発生していることが分かってきた。そこで本研究では、教員の実演を可視化し、履歴を一定時間提示する手法を開発し、その有効性を調査検証した。調査では従来からの手法と、新たに開発した履歴提示ソフトウェアを用いた場合とを比較し、履歴提示の有効性を検証した。結果、操作履歴提示の有効性と問題点を明らかにすることができた。

キーワード: 聴覚障害、実技演習、情報補償、可視化、字幕、操作履歴

The Validation of Log Displaying of Operational Demonstration in Practical Training Class for Hearing-Impaired Students

TAKUYA SUZUKI^{†1†2} YUJI NAGASHIMA^{†2}

Abstract: Visual information is generally used as the main support tool for hearing-impaired students as an alternative tool for sound information in practical teaching class. During author's previous research process which used visual information as main information assurance methods, it is revealed that subjects tend to miss the information in cases like which requires precise operation or which need to be timed precisely. As a result, the efficacy and the issue of the system displaying operation log were revealed.

Keywords: Hearing-Impaired, Practical Lesson, Information Support, Visualization, Caption, Operation Logs

1. はじめに

筆者は筑波技術大学産業技術学部において、聴覚に障害を持つ学生に対するデザインの実技指導に従事している。聴覚障害学生に対する授業において、講義の場合には手話を筆頭に、口話、板書、OHP、書画カメラ、配布資料、又はパワーポイント文書のプロジェクタ投影などの情報保障を用いる手法が一般的であり、これらの手法により聴覚障害学生と十分なコミュニケーションが可能となっている。実技演習においても同様の情報保障を用いるが、講義の場合には起きなかった問題が生じている。それは健聴者相手であれば、実演しながら同時に音声による補足解説を加えることが容易であるが、聴覚障害者に対しては困難な事である。特にコンピュータ操作を伴う演習の場合、聴覚障害学生は教員による実演と情報保障の両方を確認する必要があり、講義以上に視線移動の負荷が増す。デザインに関する実技指導として、特にグラフィックソフトウェアに関する演習では、細かな操作を一連の動作として連続して示すことが多く、学生の視線移動の負荷が大きい。

そこで筆者はこのような問題を解決する手段として、過

去の研究において、聴覚障害者に

コンピュータ操作を教示する支援ツール「SZKIT (Synchronized Key points Indication Tool)」を開発した[1-5]。SZKITは、マウスカーソル脇に説明文およびクリック状態・特殊キーの押下状態を表示するもので、複雑なマウス操作が必要なソフトウェアの使い方を教える際に役立つ演習支援ソフトウェアである[図 1]。



図 1 過去の研究において開発した演習支援ソフトウェア SZKIT の外観

Figure.1 Appearance of SZKIT the supporting software for practical training developed in previous research.

開発した SZKIT を用いた被験者試験や実際の授業への

†1 筑波技術大学
Tsukuba University of Technology
†2 工学院大学
Kogakuin University

導入も行った。結果は良好であり、授業後の質問紙評価でも高い評価を学生から得ることができた[6-7]。被験者試験においても高い成果を上げており[8]、聴覚障害学生向け実技演習における SZKIT の有効性が示された。

このように、過去の研究において、聴覚から得られる情報を視覚情報に置き換えて伝達する手法を開発し、障害当事者である聴覚障害学生達による評価を行った。一方で、SZKIT の授業への導入、活用を進める中で当ソフトウェアの弱点も明らかになってきた。

筆者の担当する実技演習では、聴覚障害学生最少 7 名、最大 15 名を対象としている。授業の始めに SZKIT を用いて教示内容を実演し、その後、実演内容をキャプチャした動画資料や説明用資料なども併用しながら、個別に対応している。SZKIT を導入する以前と比べ、個別対応時に一人の学生に必要な指導時間が減少し、結果としてより多くの学生に対応できるようになった。しかしながら聴覚障害学生の理解力は個人で様々であり、また、聴覚障害学生特有の文章読解力の問題などの二次的障害[9-11]等の理由などもあり、数名の学生はこれら手法を使用した場合においても理解に時間を要しているケースがみられる。こうした一部の学生に対して SZKIT での教示内容を簡素化するなどの調整を行ったが抜本的な解決にはならず、学生の理解度を底上げする別の工夫が必要であることがわかってきた。

上記の問題の原因を分析するため、SZKIT を用いて字幕付き動画教材を作成し、この教材を用いた聴覚障害学生の自習時の行動を観察した。自習時の行動を視線計測機によって計測し、理解に至るまで平均より長く時間を要している学生について、詳細に行動内容を解析した。その結果、字幕に視線が集中し、実演の見逃しが発生している場合があることが分かった。

そこで本研究では、教員の実演内容を可視化し、操作履歴を一定時間提示する手法を開発し、その有効性を調査、検証した。調査では従来からの手法と、新たに開発した履歴提示ソフトウェアを用いた場合とを比較し、履歴提示の有効性を検証した。

2. 履歴提示ソフトウェアの開発

2.1 履歴提示手法の検討

本研究では、はじめに教員の実演内容をどのように履歴として提示するかについて検討した。

まず画面下部や画面左右端に履歴字幕表示領域を確保し、そこに字幕を順次提示する手法を考案した(図2)。しかしながら、過去の研究[1]によって、教示対象となるグラフィックソフトウェアは、ツールバーやパレット等で画面が圧迫されがちであり、専用の字幕領域を追加することで操作画面を余計に狭めない方が良いことが分かっている。また、字幕を操作部分から離れた位置に表示したままにす

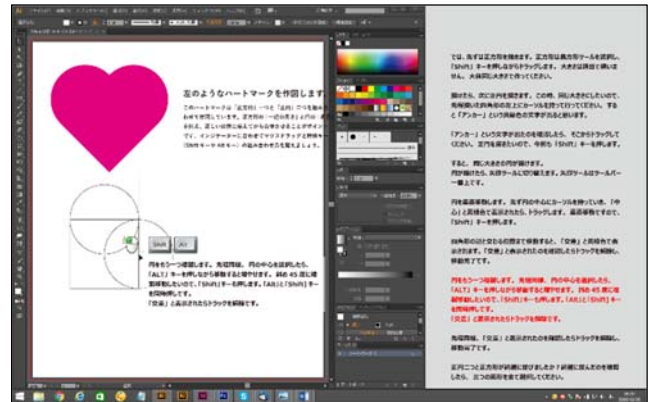


図 2 字幕表示領域を確保し、画面下部から上部に向かって字幕を順次提示する手法

Figure 2 The system captions flow from bottom to top in the display zone dedicated to subtitle only.

ることで、視線移動が煩雑となり、返って実演内容の見逃しが多く発生してしまう可能性があることから、この手法の採用は見送った。

次に教員の実演内容の直ぐ近くに、履歴を文字情報として一定時間表示しておく、時間経過と共に段々と消えていく手法を検討した(図3)。この手法では画面を圧迫することはないが、カーソル周辺に大量の文字が表示されたまま、しばらくの時間残り続けるため、実演の妨げとなる可能性が高く、採用を見送った。



図 3 実演内容の直ぐ近くに、履歴を文字情報として一定時間表示しておく手法

Figure 3 The system the log texts are displayed at the point closest to the zone shows operating movement for a certain period of time.

これらの採用を見送った手法には、共通して実演内容の履歴を文字情報として提示するという特徴があり、履歴を「見る」のではなく「読む」必要があるという問題がある。これらの手法は直感的な理解を妨げ、読解の苦手な学生に対する解決策とならないばかりか、返って履歴をたどるために文字情報を読ませることになり、実演の見逃しをより

多く発生させてしまうという悪循環を生じさせる可能性がある。

そこで、文字情報以外の履歴提示手法を検討することとした。従来のSZKITはカーソル周辺に特殊キーの押し下げ状態をインジケータとして可視化しており、実演内容の伝達に効果が高いことが過去の研究[6-7]から分かっている。そこで、履歴を文章ではなく、同様のインジケータによって提示し、教員の実演内容を履歴提示することとした。

そこで、SZKITと全く同じインジケータを、履歴字幕について検討した時と同様、画面下部や画面左右端に履歴提示領域を確保し、その領域の中で画面下部から上部に向かって順次提示する手法を考えた(図4)。しかし履歴字幕を検討した時同様、この手法ではやはり操作画面が圧迫されるため、別の手法を検討することとした。

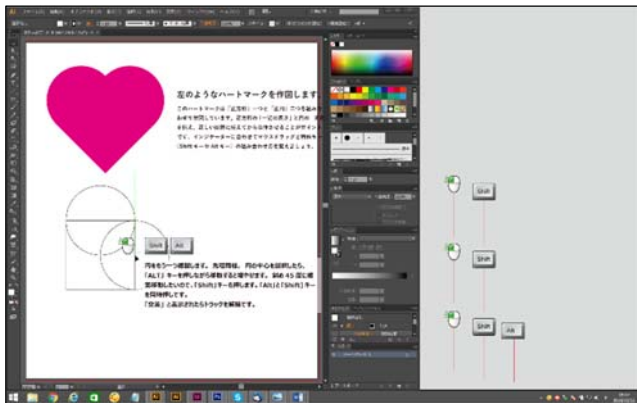


図4 履歴提示領域を確保し、画面下部から画面上部に向かって操作履歴インジケータを順次提示する手法

Figure 4 The system operation logs flow from bottom to top in the display zone dedicated to operation log only.

次に領域を確保せず、操作の邪魔にならない画面の空いている位置に、教員の実演操作に応じて順次インジケータを表示する手法を考案した。この場合、インジケータは操作画面に重なることになるが、インジケータは操作時に伴い現れ、一定時間後に消えるため、専用の領域を確保して操作画面を圧迫するよりも、操作画面への圧迫が少なくないと推測できる。

また、この手法であれば、操作部分にある程度近づけてインジケータを表示することもでき、視線移動量が抑えられる利点もあると判断した。

次に履歴を提示するためのインジケータの仕様について検討した。SZKITで提示されるインジケータは、キーボードやマウスボタンが押し下げられている間は表示され、離すと消える仕組みのため、操作が行われたタイミングと押し下げ時間の長さをリアルタイムで提示できる。一方、履歴提示については、押し下げられた時間の長さを何らかの表現を用いて提示する必要がある。そこで、キーボ

ードやマウスボタンが押されたタイミングで、画面下部より棒状のインジケータが出現し、画面上部に向かって移動を始め、押し下げられていた時間の分だけ、プログレスバーの様な棒状のインジケータが縦に延長され、キーボードやマウスの押し下げを解除した瞬間に棒状のインジケータが途絶え、そのまま上にスクロールし、10数秒程度の時間を掛けてゆっくりと画面上部に到達次第、そのまま消える仕様とした。本研究では、この棒状のインジケータを「操作履歴インジケータ」と呼称する。操作履歴インジケータは、実演の障害にならないよう、不必要となった場合には、一括で消去できる仕様とした。また、注視しなくても認識できるよう、インジケータは目立つ色とし、形状も単純化した。また、押し下げられるキーやボタンによってインジケータの色を変えることとした。

2.2 支援ソフトウェアの仕様

以上の要件をまとめ、本研究において開発した支援ソフトウェアの仕様を以下に示す。

1. 従来のSZKIT同等機能の実装

- 1.1 マウスポインター周辺にマウスクリックの状態を表示。
- 1.2 マウスポインター周辺にAlt, Shift, Ctrlキーの押し下げ状態を表示。また、複数キーの同時押し時には並べて表示。
- 1.3 マウスポインター周辺に別途に準備したテキストデータに基づいた字幕を表示。
- 1.4 表示した字幕ファイルは無変換+wで戻す、無変換+sで進む操作。

2. 上記の従来のSZKITの機能に加え、以下の機能を付加実装

- 2.1 教示履歴として、Alt, Shift, Ctrl, Enter, Backspace, Deleteの各キー、右クリック、左クリックの各マウスボタンの押し下げ状態を、画面の任意の位置に、キーやボタン別に色を変えた操作履歴インジケータとして提示。
- 2.2 キーやボタンを押し下げた時間に応じて操作履歴インジケータを延長。
- 2.3 操作履歴インジケータの表示位置の調整が可能であること。
- 2.4 操作履歴インジケータの表示・非表示を変更できること。
- 2.5 実演を妨げないように、不必要となった場合には、無変換+Escキーで操作履歴インジケータを一括消去できること。

上記仕様を満たすWindows上で動作するアプリケーションとして履歴提示ソフトウェアを開発した。履歴提示ソフトウェアを用いてグラフィックスソフトウェアを教示している様子を図5に示す。

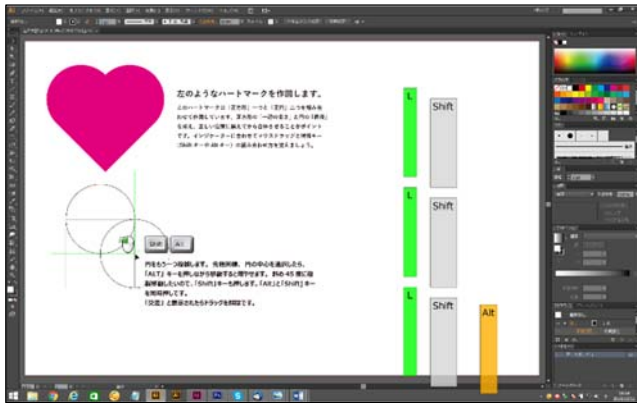


図 5 画面の任意の位置に、画面下部から画面上部に向かって操作履歴インジケータを順次提示する手法

Figure 5 The system operation logs flow from bottom to top on the row arbitrarily chosen.

3. 履歴提示ソフトウェアの評価

履歴提示ソフトウェアの開発後、有効性を評価するため、筑波技術大学産業技術学部総合デザイン学科に所属する聴覚障害学生 12 名に対し、ヒアリング調査と質問紙調査を実施した。対象とした学生は全員が過去の授業において従来の SZKIT を用いた演習を受講している。従来の SZKIT と比較しながら、履歴提示ソフトウェアの有効性について調査した。調査では、代表的なグラフィックスソフトウェアの一つである Adobe Illustrator を用いた基礎的内容の復習を行い、以下の 5 つの質問を提示した。

- Q1：従来の SZKIT に追加した操作履歴インジケータの色や形などが適切かどうか
- Q2：操作履歴提示機能は実演内容の理解向上に有効かどうか
- Q3：操作履歴提示は操作の順番やタイミングを理解するのに有効かどうか
- Q4：操作履歴提示は読解の苦手な学生にとって有効かどうか
- Q5：操作履歴提示がストレスになるかどうか

全ての質問で 5 段階評価を実施し、その理由を自由回答してもらった。質問 1 は適切かどうかを「全く適切ではない」「適切とは思えない」「どちらとも言えない」「適切だと思う」「とても適切だと思う」の 5 段階評価で、質問 2~5 は履歴提示に関する有効性を「全く有効とは思えない」「有効とは思えない」「どちらとも言えない」「有効だと思う」「とても有効だと思う」の 5 段階評価で、質問 6 はストレスかどうかを「かなりのストレス」「ストレス」「どちらとも言えない」「ストレスではない」「全くストレスではない」の 5 段階でそれぞれ質問した。

4. 履歴提示ソフトウェアの評価結果

評価結果は以下の通りである。

Q1, ZKIT に追加した操作履歴インジケータの色や形などは適切かどうかという質問に対し、12 名中 6 名が「とても適切だと思う」と回答し、4 名が「適切だと思う」と回答し、残り 2 名が「どちらとも言えない」と回答した。また、自由回答として以下の回答が得られた。原文のまま掲載する。

- 「適切だと思う以上」で回答した学生の自由回答(複数回答を含む)
 - ・ キーボードの絵の色とバーの色が一緒でも良いと思った。キーボードの方はリアルな形だけど、同じ色だとより分かりやすい。
 - ・ 例えば押していることが分かりやすいように、指のイラストが出てくるなどしても良いと思った。
 - ・ インジケータの場所は今は場所を固定しているが、例えばクリックと Alt が離れているので、詰めて表示した方が分かりやすいと思った。二つの画面の場合にはこのままでも良い
 - ・ 三つの中で Alt は良く使うと思うので、マウス表示から近い方が良いと思った。
 - ・ 現在はバラバラだが、それはそれでよいが、キーボードの位置などの基本的な情報を与えてからの方が良いと思う。今、左クリックが「L」と表示されているが、パッと見てキーボードの L キーだと思ってしまう。
 - ・ ウィンドウタイプで好きな位置で好きな大きさに置けても良いと思った。
 - ・ 色と意味は直ぐに理解できると思う
 - ・ できればマウスの形、キーボードの形が再現されていると
 - ・ 現状で十分見やすい
 - ・ シンプルで余計な機能もなく、大変みやすかった。色についても、鮮やかすぎず、淡すぎず、ちょうど見やすい色で良いと思う。
 - ・ ○も面白いのでは？と思ったが□の方が整列されたイメージがあり、とてもやりやすかったからこのままでも良いと思う。
 - ・ 右クリックや、左クリックの文字は R と L ではなく、左、右と表示されたほうがよりわかりやすくなる
 - ・ Shift キー、Ctrl キー、Alt キーのよく使われるキーがそれぞれ色分けされているため、どのキーがどの色をしているのか覚えればわかりやすい。
 - ・ 色は決まった 3 種類があり、オレンジや黄色、

緑は明るいインジケータの色で見やすく判断できるのでいい感じだと思った。シンプルな形でこれしかないということがわかる。

- 「どちらでもない」と回答した学生の自由回答
 - ・ 全て文字と形が同様なので、色を覚えるだけで意味を覚えないと、意味が分からないままだと思ったため。
 - ・ ただの好み。もうちょっとやさしい色のほうが好き。

Q2, 操作履歴提示機能は実演内容の理解向上に有効かどうかという質問に対し、12名中4名が「とても有効だと思う」と回答し、5名が「有効だと思う」と回答し、2名が「どちらとも言えない」と回答し、1名が「有効とは思えない」と回答した。また、自由回答として以下の回答が得られた。原文のまま掲載する。

- 「有効だと思う」以上で回答した学生の自由回答(複数回答を含む)
 - ・ 出せる情報は全て出ていた方が分かりやすい。
 - ・ キーボードとマウスの操作で、今まではタイミングが分かりにくかったが、それが分かりやすくなった。
 - ・ 学生によって違うと思う。以前ので良いと思う学生もいると思うが、ログがあるのであればマウス周辺の表示は無くても良いかもしれない。
 - ・ キーボードとマウスの操作で、今まではタイミングが分かりにくかったが、それが分かりやすくなった。
 - ・ このボタンを押すかは元々からあったが、先生の説明で見逃した時に消えてしまっていることがあるので、その時に役に立つと思う。
 - ・ SZKIT だけでも分かるがたまに見逃してしまう場合があるのでログ表示があった方が焦らないで見て理解できる。
 - ・ 同時動作や複数動作をやる場合への対策としては、大変良いと思う。ただ、同時動作などをみるときにタイミングの問題で同時動作ではないと捉えてしまったこともあった。
 - ・ 人によるかもしれないが、PC 操作をある程度理解している人にとっては有効だと思う。機械音痴となると、話はまた変わるかもしれない。
 - ・ 先生に視線を向けなくても、画面操作の時にそれを見てより進行しやすくなるため。
 - ・ 一瞬でしか表示されないより画面上に残るので、よく見えなかったり見落としたりしたときに有効だと思う。
 - ・ もし、可能であれば、授業でログ表示機能を追加したシステムを利用し、覚えるのが早くなり理解が深まる。これから使うのであれば、機会

にこれを利用してとても有効するのはありだと思う。苦勞することがなく、素早く作業ができるので、スムーズになることが一番いいと改めて思った。

- 「どちらとも言えない」と回答した学生の自由回答
 - ・ 再確認したくても、確認することができないから。(この操作は何の操作だったのか、この操作はどのキーを押せばよかったのかなど)。
 - ・ 理解するまで時間がかかる人や、進み具合の遅い人が作業をしているときに集中していると、見ていなかった部分のログが上に行って消えてしまうのではないかとという焦りがあるのではないか。
- 「有効とは思えない」と回答した学生の自由回答
 - ・ 大きな表示で流されているため、制作物(図形や文字)などが隠れるのではないかと。コンパクトにまとめた方が制作の邪魔にならず、見やすい。

Q3, 操作履歴提示は操作の順番やタイミングを理解するのに有効かどうかという質問に対し、12名中6名が「とても有効だと思う」と回答し、3名が「有効だと思う」と回答し、2名が「どちらとも言えない」と回答し、1名が「有効とは思えない」と回答した。また、自由回答として以下の回答が得られた。原文のまま掲載する。

- 「有効だと思う」以上で回答した学生の自由回答(複数回答を含む)
 - ・ 表示にズレがあるので分かりやすい。
 - ・ 押した回数もわかるので分かりやすい。
 - ・ 差があるので分かりやすい。
 - ・ クリックとドラッグの違いが分かりやすい。
 - ・ 十分分かりやすい。
 - ・ どっちが長いのか確認するだけでどっちを先に押すか理解できる。
 - ・ とてもわかりやすい。前は前後がわかりにくかったから今の方がいい。
 - ・ カーソルだけだと、どちらが先なのかわかりにくいから。
 - ・ 左クリック(右クリック)とキーを押したときに表示されるバーが押すタイミングでズレて表示されるためわかりやすい。同時押しだと並んで表示されるのもいい。
 - ・ 初めはわかりにくいところがあったが、何回か試しにやってみれば練習すればタイミングを理解することができるので、有効だと思う。
- 「どちらとも言えない」と回答した学生の自由回答
 - ・ 人によって進み具合が違うため、パソコンのシステムに合わせるのに時間がかかってしまう人もいるかもしれないため。

- ・ どちらが先に操作したのか、あとに操作をしたのかのわかりやすく差をもっとつけるべきである
- ・ 最初は混乱してて慣れたいが、長く使っている内に慣れるかもしれない。

● 有効とは思えない」と回答した学生の自由回答

- ・ 同時動作などをみるときにタイミングの問題で同時動作ではないと捉えてしまったこともあったから。

Q4, 操作履歴提示は読解の苦手な学生にとって有効かどうかという質問に対し、12名中7名が「とても有効だと思う」と回答し、5名が「有効だと思う」と回答した。また、自由回答として以下の回答が得られた。原文のまま掲載する。

● 「有効だと思う」以上で回答した学生の自由回答（複数回答を含む）

- ・ 読解が苦手な学生に対しても、説明に引っ張られてしまう学生の両方に効果があると思う。
- ・ ソフトの意味など、バーの意味を事前に説明しておけば役に立つと思う。その意味すら理解できないとなると話は変わってしまうが。
- ・ 日本語が苦手な場合、文章ではなく実際に教えた方が良いので、分かりやすくなると思う。
- ・ 弟が知的障害も重複して持っていて、小さい頃から実践型で教えている。こういう実践型の方が分かりやすいと思う。
- ・ 文章で読むよりも目で見たほうが早い。
- ・ 動作を図形として表示されているため、言語が分からなくてもすぐ理解できるとおもう。また、外国人や言語理解力がまだに子供に対しても効果抜群だとおもわれる。
- ・ 体で覚えさせる、という意味では有効だと思う。
- ・ 文章で読むよりも目で見たほうが早い。
- ・ 文章で読むよりも目で見て印象に残るため、より効果的だと思う。
- ・ 作業をしているときに自分はまだ終わっていない、ほかの人が終わっていると先生から説明される場合がある。そのときは仕方なく中断し、先生の方に向けて聞くと遅れてしまうので、遅れていても聞くよりも画面を見たほうが少しは理解があるのではないか。
- ・ このシステムは、説明の補足として一番有効だと思う。
- ・ わかりやすい面があるので、この開発したシステムを利用して頂ければ、これから使う機会が多く、とても有効だと思う。目で見てすぐ判断できるところがいいので、文章よりも早いかなと思う。

- ・ 言葉や文章で説明されただけでは頭に入らないので、実際にやった方が理解度が上がる。また、単純な表示のため、どう操作すれば良いのか判断ができる。

Q5 の操作履歴提示がストレスになるかどうかという質問に対し、12名中2名が「全くストレスではない」と回答し、4名が「ストレスではない」と回答し、3名が「どちらとも言えない」と回答し、2名がストレスと回答した。1名は未回答であった（ただし自由回答では肯定的に回答）。また、自由回答として以下の回答が得られた。原文のまま掲載する。

● 「有効だと思う」以上で回答した学生の自由回答（複数回答を含む）

- ・ 分かる人にとっては邪魔かもしれないが、分からない人にとっては役に立つと思う。
- ・ 自分は分かるのでどちらでもよいが、分からない人にはストレスであってもあった方が良いと思った。
- ・ ストレスは特にない。
- ・ いらなくなったら切れば良い。
- ・ ログがあれば情報がわかるので、ストレスを感じることはないと思う。
- ・ 集中しているときに表示されると多少ストレスを感じるが、理解するためならストレスはあっても表示されてもいい。
- ・ ストレスとは感じないので、ログが表示されてもいいと思う。あった方がわかりやすく、安全というより冷静にいけるかな。

● 「どちらとも言えない」と回答した学生の自由回答

- ・ 場合による。イラストと重なったりしていたらわかりにくいかもしれない。（そうするとストレスたまるかも？）
- ・ わかりやすかったが、このシステムをつかって授業を受けたことがないので邪魔にならないか想像しがたい。実験中、ストレスに感じることはなかった。

● 「ストレス」と回答した学生の自由回答（複数回答を含む）

- ・ カーソルをしっかりと見れば問題ないが、視界の横に流れるログがあるとどっちを見ればよいのか困惑し、結局どちらも見逃しそう。
- ・ 解説動画としては、適切だと思うが、一つの画面で作業（解説&作業が同じ）する場合はやや邪魔に感じてしまう恐れがあると思うから。

5. 考察

Q1, SZKIT に追加した操作履歴インジケータ部分の色や形などは適切かどうかという質問に対しては、12名中10

名が「適切だと思う」以上で回答しており、自由回答においても否定的な回答は殆ど見られなかった。インジケータの形状は、周辺視野でも判別できるように単純な長方形とし、色とアルファベット表記によってボタンの区別を行っただけのシンプルなものとした。この点は好意的に受け入れられたと判断できる。キーボードやマウスボタンと、操作履歴インジケータのマッピングについて、事前学習の必要性を回答する学生もいたが、概ね、直感的に把握できると判断されていたと考えられる。ただし、マウスの右ボタンを「R」とし、左ボタンを「L」とした表記については、キーボードのRやLと間違えるという指摘が2名からあった。今後、改善すべきかどうか検討の余地がある。

Q2、操作履歴提示機能は実演内容の理解向上に有効かどうかという質問に対しては、12名中9名が「有効だと思う」以上で回答しており、概ね、有効と判断されていたと考えられる。ただし、1名が「有効とは思えない」と回答し、その理由として作業部分とインジケータの重なりについて言及していた。この問題は、後述するストレスに関する質問においても同様の意見を確認することができるため、ストレスに関する設問部分でより詳細な考察を加えることとする。また、肯定的な回答ではあるが、タイミングの問題に対する言及もあり、この問題は続くQ3において確認された問題と共通の問題であるため、追ってQ3部分において考察を加える。

Q3、操作履歴提示は操作の順番やタイミングを理解するのに有効かどうかという質問に対しては、12名中9名が肯定的に回答しており、予測した効果は十分に出ていると判断できる。操作履歴インジケータは、僅かな入力タイミングの違いまで正確に可視化するため、微妙な差異も含めて認識しやすくなっている。半数の学生がこの点について言及しており、意図した効果は十分に出ていると考えられる。

しかし、一方でこの詳細な表示が問題となる場合も確認できた。操作履歴提示の正確性が逆に不正確な理解につながる可能性についてである。この可能性について2名が言及していた。2名の回答に共通しているのは、ほぼ同時に押した場合の操作履歴インジケータに生じる微妙なずれの問題についてである。操作履歴インジケータは、ほぼ同時に操作が行われた場合でも、微妙なずれをそのままピクセル単位で可視化してしまう。このため、同時操作であることを教示しようとした場合に、反対に操作の微細なタイミングのズレがあると操作の一部として捉えられてしまう可能性がある。

この点はQ2において触れた問題と共通であり、何等かの機能追加が必要であると判断した。具体的には、時間差の表現について閾値を設定し、閾値以下の場合には同時に操作がされたとみなしてインジケータを揃えて表示するなどの改良が必要であると思われる。

Q4、操作履歴提示は読解の苦手な学生にとって有効かどうかという質問に対しては、全員が「有効だと思う」以上で回答しており、読解の苦手な学生に対し、読ませるのではなく、見て認識させる効果が十分に出ることが予測できる。自由回答においても否定的な意見は一切見られないため、今後、授業に導入した際の効果が期待できる。

Q5、履歴提示導入に伴うストレスについては、幾つかの問題点が指摘されたが、12名中7名が肯定的に捉えており、また、指摘された問題点の多くは運用で解決できる問題であると判断できる。ストレスの理由は、自由回答において確認できる。具体的なストレスの原因として考えられるのは以下の点である

1. 作業部分とインジケータの重なり
2. 視線移動が煩雑になること

作業部分とインジケータの重なりについては、Q2においても同様の回答が確認できる。本研究では、作業部分と画面端のほぼ中間地点に操作履歴インジケータを提示し、作業部分に近すぎず、離れすぎない状態としたため、学生によって意見が分かれる結果となった。しかし、この表示位置は仕様策定段階から設定で自由に調整できるように計画しており、個別指導時には個々の学生のニーズに合わせて表示位置を調整することが可能である。また、操作履歴インジケータ自体を不要とする学生に対しては、従来のSZKITの機能にとどめ、操作履歴インジケータを非表示とするなどの対応で十分に解決できる問題であると考えられる。

6. まとめ

本研究では、聴覚障害学生向け実技演習における支援手法について、従来の手法に加え、新たに履歴提示を追加する手法について検討し、実動するソフトウェアとして開発し、有効性を検証した。本研究ではヒアリングや質問紙調査による定性的な検証に留まったため、現時点ではあくまで聴覚障害学生による主観的評価に過ぎないが、履歴提示を加えた手法について、概ね良好な評価を得られたと考えている。ただし、履歴提示の正確性に起因する問題や、作業部分とインジケータの重なりなど、幾つかの問題点も指摘されている。現時点では定性的な評価にすぎないため、追って定量的な解析を行い、改善すべき点を明確にした上で、ソフトウェアの改善を行う計画である。

実験時には、質問紙調査だけではなく、タスク試験及びアイトラッカーを用いてタスク試験中の視線計測を実施している。今後、タスク試験結果やアイトラッカーを用いて計測した視線データを用い、視線移動量や滞留点などについて解析と考察を進める予定である。

タスク試験後には本研究で取り上げた質問紙調査とは別に簡単なアンケート調査を実施しており、12名中10名が履歴提示を行った方がタスクに集中できたと回答してい

た。今後、タスク試験結果についての成績評価や、視線計測結果の解析を進めることで、本研究の結果を裏付ける成果が出ているのではないかと期待される。

今後、これらのデータの解析を進め、本研究で得られた定性的評価に加え、従来の手法と履歴提示を加えた場合とを比較した定量的評価を実施する計画である。視線移動量やタスク試験結果などを定量的に比較することで、今回の定性的評価の裏付けを行い、聴覚障害学生に対する実技演習における履歴提示の特性や有効性を明らかにすることができると考えている。

謝辞 本研究は科研費（25350280）の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 鈴木拓弥. 聴覚障害学生を対象としたデザイン実技演習支援に関する研究. 筑波技術大学テクノレポート. 2011, 18(2), pp.68-72.
- [2] 小林真, 鈴木拓弥. 聴覚障害学生にコンピュータ操作を教示する支援ツール SZKIT. 筑波技術大学テクノレポート. 2011, 18(2), pp.35-39.
- [3] 鈴木拓弥. 聴覚障害学生にコンピュータ操作を教示する支援ツール SZKIT の開発. 電子情報通信学会技術研究報告. 信学技法. 2011, vol.110 (418), pp.25-30.
- [4] 鈴木拓弥, 若月大輔, 小林真. 聴覚障害学生向けソフトウェア操作教示ツール SZKIT. ヒューマンインタフェース学会シンポジウム 2011, 2538D, pp.755-760.
- [5] Kobayashi, M. and Suzuki, T. and Wakatsuki, D.. Teaching Support Software for Hearing Impaired Students Who Study Computer Operation -SynchroniZed Key Points Indication Tool: SZKIT-. 13th ICCHP. 2012, Proceedings no.7382(1) , pp.10-17.
- [6] 鈴木拓弥, 若月大輔, 小林真:聴覚障害者にコンピュータ操作を教示する支援ツール SZKIT の評価, 電子情報通信学会, 信学技報. 2012, 111(472), pp.33-38.
- [7] Suzuki, T. and Wakatsuki, D. and Kobayashi, M.. Effects of SZKIT in the designing software lecture for hearing impaired student; Universal Learning Design 2013, Proceedings of the Conference ULD, pp.57-63.
- [8] 鈴木拓弥, 若月大輔, 小林真. 聴覚障害者にコンピュータ操作を視覚的に教示する支援ツール SZKIT の効果. 電子情報通信学会論文誌, D, 情報・システム. 2014, J97-D(1), pp.108-116.
- [9] Carrol J.M.. The Nuremberg Funnel : Designing Minimalist Instruction for Practical Computer Skills. 1990, MIT Press.
- [10] 長南浩人. 聴覚障害児の読解力を向上させるためのコミュニケーションのあり方ー認知心理学の視点からー. 2003, ろう教育科学, 45, pp.167-176.
- [11] Marschark, and M, Hauser P.C.. Deaf cognition. Oxford University Press. 2008.