



聴覚障害学生に対する実技演習を支援する触覚情報提示デバイス SZCAT

鈴木 拓弥^{*1*3} 小林 真^{*2} 長嶋 祐二^{*3}

Tactile presentation device SZCAT supporting practical training for hearing-impaired students

Takuya Suzuki^{*1*3}, Makoto Kobayashi^{*2}, Yuji Nagashima^{*3}

Abstract - In the educational practice for hearing-impaired students, visual information is generally used as alternative support tool of sound information. The author has studied mostly about visual information tool as well. In that research process, the importance of tactile sense is appearing. We created a device SZKIT (SynchroniZed Click Action Transmitter) which offers tactile information in addition to visual information, and verified its efficacy with experiments by hearing-impaired students.

Keywords: hearing-impaired students, practical lesson, teaching support, information support, tactile

1. 背景

筆者は聴覚に障害を持つ学生を専門とする筑波技術大学産業技術学部において、デザインの实技指導に携わっている。聴覚障害学生に対する授業を行う際、講義の場合には手話を筆頭に、口話、板書、OHP、PPTなどを用いたプロジェクタへの投影、書画カメラ、配布資料、教材の開発といった情報保障を用いる手法が一般的であり、これら従来の手法で十分なコミュニケーションが可能である。実技演習においても同様の情報保障を用いるが、講義の場合とは異な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。特に細かな操作やタイミングが重要なグラフィックスソフトウェアに関する演習ではこの問題が顕著であり、学生にとって負担が大きい。

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「視覚で聞くことのできる支援ソフトウェア SZKIT」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]。

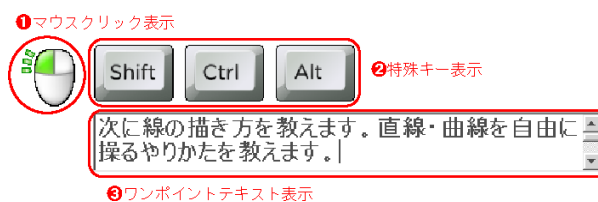


図1 過去の研究において開発した演習支援ソフトウェア SZKIT の外観

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

開発した SZKIT を用いて被験者試験や実際の授業での導入も行った。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]。また、被験者試験においても高い成果を上げており[8]、SZKITを用いることで、ソフトウェアの教示については一定の成果を上げることができた。成果は既に複数の国内外の学会において発表した。

過去の研究において、SZKITを用いることで、コンピュータ上に限定すれば、聴覚から得られる情報を視覚情報に置き換えることができた。障害当事者である聴覚障害学生達の評価も良好であり、学生の理解力向上に寄与できている。一方で、活用が進む中で SZKIT 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、聴覚障害学生を対象に最少7名、最大15名を対象としている。授業開始時に 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、学生の理解力は向上し、個別対応時に学生に必要な時間

*1: 筑波技術大学 産業技術学部

*2: 筑波技術大学保健科学部

*3: 工学院大学 大学院情報学専攻

*1: Division for Hearing Impaired, Tsukuba University of Technology

*2: Division for Visually Impaired, Tsukuba University of Technology

*3: Graduate School of Informatics, Kogakuin University

が減少し、結果としてより多くの学生に細やかな対応が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、聴覚障害学生特有の文章読解力などの二次的障害[9-11]から、数名の学生はこれら手法を駆使しても依然として理解に時間を要している。こうした一部の学生に対してSZKITの教示内容を簡素化するなど調整してきたが、読解の苦手な学生にとっては根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となってきた。また、近年は聴覚障害に加え、視覚に重複して障害を持つ学生への対応も必要となっており、視覚に偏重しない情報保障が求められてもいる。

こうした問題に対し、理解に時間を要している聴覚障害学生に対し、直接、学生の手で教員の手を被せて教示したところ、明らかな理解力の向上を確認することができた。単純な試みであるが、複雑な操作やタイミングが重要とされる場面において、実技演習の理解度向上に有効である可能性がある。

こうした障害当事者に対する実際の演習を通じた経験から、本研究では従来からの視覚情報を主体とした情報保障に加えて触覚情報を提示し、その有効性を検証することとした。

2. 実技演習を支援する触覚情報提示デバイス SZCATの開発

本研究では、はじめに教員の実演内容を触刺激によって再現するための手法について検討した。既存のデバイスについて調査したところ、CyberGlove社のCyberForceやDexta Robotics社のDexmoF2など、既存の触覚フィードバックデバイスが存在するが、これらのデバイスは反力を生成できるものの、学生の手で教員の手を添えて押したような効果を生じさせることはできないことがわかった。そこでロボットアームについて調査した、例えば日本バイナリー株式会社の高超軽量多関節ロボットアームJACO/MICOなど、機能的には合致するデバイスが存在するが、非常に高価な上に設置スペースも必要であり、本研究の最終的な目的には合わない。本研究は単に実技演習時の触覚情報提示の有効性を検証することだけが目的ではなく、触覚情報提示の有効性が示された場合、実際に授業への導入を予定している。仮に有効性が示されても、将来的に先に挙げたデバイスを授業に導入するのは困難である。また、本研究は触覚情報を用いて操作のタイミングを伝達することが目的であり、目的に対する手段として、これらのデバイスは学生達にとって不必要なストレスを与える可能性が高く、実技演習時に操作の障害にもなることが予想される。そのため本研究では設置スペースを必要としない装着型のデバイスを用いることとし、まず目的に合致した必要十分で利用者にとってス

トレスの低い軽量小型の触覚情報提示デバイスの開発を試みた。

触覚情報提示デバイスの開発については、操作の妨げにならないよう、軽量小型であることを前提とし、以下の二点について優先的に検討した。

- 1) 応答性
- 2) 振動強度

これらを優先したのは、以下の理由による。

- 1) グラフィックスソフトウェアの操作ではマウスクリックやドラッグを連続して複雑に行う必要があり、教員の指の動きを正確にフィードバックするためにはデバイスの応答性が重要であるため。
- 2) 触覚情報提示デバイスは指に着用するためになんらかの装着具を介することになり、確実な刺激を提示できることが重要であるため。

圧電素子や振動モータによる触覚情報提示を採用しなかった理由はロボットアーム同様に指の上から押すような表現を実現しなかったことと、先に述べた振動強度が理由である。本研究では、撃力表現が可能であり、動作の立ち上がりが早く、収まるのも早いソレノイドを触覚情報提示のための振動素子として採用した。

ソレノイドはSparkfunのROB-11015を用いた。これをプラスチックの小型ケースに収め、小型ケースに線上の穴を空け、指の太さに応じて調整可能なようにマジックテープをストラップとして用い、人差指と中指にそれぞれ装着する仕様とした。ソレノイドはArduino基盤に接続、USBインタフェースを経由してPCと接続する仕様とした。ソレノイドを収めたプラスチックケースの外形寸法は19.5mm×29.5mm（ソレノイド突出部分+5mm）×17.5mm、ソレノイドとストラップと指に掛かる部分のコードを含めた1個あたりの重量は約18g（両指分約36g）である。

ソレノイドの具体的な制御方法を以下に示す。

- 1) ソレノイドを約100Hzで動作させるようArduino制御プログラムを記述
- 2) マウスクリックのイベントをフックし、作成したソフトウェア自身にメッセージを送る。
- 3) メッセージを受け取ったソフトウェアはArduinoが接続されたポートに信号を送る。
- 4) 信号を受け取ったArduinoはソレノイドを動作させる。

触覚情報提示手法について、開発当初は教員の手を学生の手の上に被せ、学生の指を上から押すような効果を理想として計画していたが、指に巻きつける形式での装着方法では装着具とソレノイドに指が挟まれることになってしまい、掌に上から被せるような形式の場合にはデバイスを軽量小型とすることが難しく、操作の妨げになる可能性もある。そこで検討の結果、指に巻きつける形式を採用し、触覚情報提示手法を振動に決定した。

デバイス開発中にプラスチックケース内のソレノイドの固定位置を微調整することで、プラスチックケースとの干渉で種類の異なる振動を生み出せることが判明したため、振動を強弱二通り（大きなストロークで振動する場合と小さなストロークで振動する場合との二通り）に設定し、左右クリックの違いを分かりやすくした。頻繁に用いる左ボタン（右手人差指）側を弱い振動とし、左ボタンに比べて仕様頻度の低い右ボタン側（右手中指）側を強い振動とした。

上記仕様により、軽量小型の触覚情報提示デバイスとして構築し、触覚情報提示デバイスと制御プログラムを含めたシステム全体をパッケージとして、SynchroniZed Click Action Transmitter（以下略称 SZCAT）と命名して構築した。

SZCAT の外観と各部の説明を図 2 に、SZCAT を指に装着してマウス操作を行っている様子を図 3 に示す。

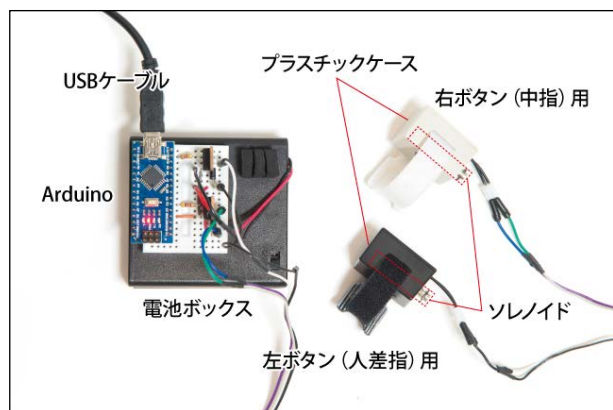


図 2 SZCAT の外観と各部の説明
Figure.2 Appearance and mechanism of SZCAT



図 3 SZCAT を着用してマウス操作を行っている様子
Figure.3 Image of operating mouse using SZCAT

3. 触覚情報提示デバイス SZCAT の評価

デバイスの開発後、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 13 名に対し、ヒアリング調査と質問紙調査を実施した。調査では SZCAT の有効性について、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 を用いて基礎的内容を復習しながら以下の 5 つの質問を行った。

Q1：SZCAT の着用に伴うストレス（付け心地と重量）

Q2：マウスクリック及びドラッグの再現性

Q3：左右クリックの振動パターンの違いについて

Q4：教員のマウス操作を学生に伝達するのに役立つかどうか

Q5：SZCAT を実技演習に導入することについて、どう思うか

質問 1～3 は自由回答とし、質問 4～5 は有効性を「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 段階評価で質問し、理由を自由回答で記述してもらった。

4. 評価結果

評価結果は以下の通りである。

Q1 の SZCAT 着用に伴うストレスについて、何らかのストレスを回答した実験協力者は 13 名中 6 名、7 名はストレスについて言及しなかった。ストレスに言及した 6 名の内、ソレノイドと Arduino 基盤とをつなぐ接続コードを邪魔とする回答が 4 名、重量について言及した回答が 2 名、ストラップについての回答が 2 名、聴覚障害者特有の雑音の感じ方に関する回答が 1 であった（重複回答あり）。最後の聴覚障害者特有の雑音の感じ方に関する回答については原文のまま記載する。「音が気になった。聞こえる人は小さい音から大きい音までの差が広いが、重い人の場合にはその幅が狭いので、うるさく感じる場合もある。自分は左側が良いが、右側は長時間使っているとうるさく感じるかもしれない。」

ストレスに言及した 6 名の中の 2 名は改善案として指輪型のデバイスを回答した。また、ストレスは無いと回答したものの、ストラップの改善についての言及が 2 名あった。同様に 2 名が長時間利用時のストレスの可能性について言及した。また、ストレスとは関係なく、形状やデザインについての改善についての言及が 2 名あった。

Q2 のマウスクリックの再現性について、13 名全員が肯定的に回答した。提案として振動強度の調整についての言及が 1 名、右側の振動をやや強いとする回答が 2 名あった。

Q3 の左右クリックの振動パターンの違いについて、12 名が左右の差がある方が良いと回答した。1 名はどちらも左クリックの振動パターンに統一して欲しいと回答した。差がある方が良いと回答した 12 名の内、10 名は左クリック側を弱い振動とし、右クリック側を強い振動とする現状のままで良いと回答し、1 名は反対を希望し、1

名はどちらとも言えないと回答した。現状のままで良い触覚情報提示と回答した 10 名の内 9 名が理由として、頻繁に操作を行う左側は右側に比べて弱い振動を、稀に操作する右側に強い振動を希望した。1 名は理由を回答しなかった。

Q4 の教員のマウス操作を学生に伝達するのに有効かどうかという質問については、6 名が「とても有効だと思う」と回答し、6 名が「有効だと思う」と回答し、1 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。要約と集約が困難であるため、原文のまま記載する。回答内容を要約、集約して 12 名分を列記する。

- ・自分は苦勞して覚えたので有効だと思うが、覚えるのが早い学生にとっては、視覚からの情報だけで十分かもしれない。
- ・振動ではなく音も聞こえているので、そのことも役に立っているのではないかと。喋っている内容は伝わらなくても、声が出ていることは分かるので、そういう意味で。
- ・特にドラッグの時に分かりやすくなると思う。
- ・直感的に分かりやすいから。
- ・先生が今まさに操作しているというのはちゃんと伝わっている。
- ・事前に説明していれば分かると思う。
- ・左右クリックの違いがハッキリしていたり、ドラッグについて単純に分かりやすいと思う。
- ・何をいつ押したかが分かる。先生のやったことを真似しやすい。
- ・先生がやっているのと同時にやってみると有効だと思う。振動に慣れてしまうことが心配。
- ・技術的な内容や細かい操作を教えるには分かりやすい。
- ・微妙な違い、同時作業の様子がわかりやすいため、大変良いと思う。
- ・良いシステムだと思います。慣れて行けばスムーズに進められると思います。
- ・私個人としてはマウス操作内容を得るのに触覚を用いた SZKIT は不要だと感じました。しかし個人差によるのでどちらとも言えません。

Q5 の SZCAT の授業への導入について、「とても有効だと思う」が 5 名、「有効だと思う」が 7 名、「どちらとも言えない」が 1 名だった。また、自由回答として以下の回答が得られた。要約と集約が困難であるため、原文のまま記載する。回答内容を要約、集約して 12 名分を列記する。（一名は自由回答について未記入）

- ・文章だと一つ一つの操作内容が細切れで頭に入ってきて、一連の動作として流れが理解できない。振動による学習であれば、動作を一連の流れとして理解しやすいのではないかと。

- ・着けっぱなしで常に振動しているとうざいが、常に振動する訳ではなく、教員が任意に切ったりつけたりできるなら問題ない。間違えて先生を見てしまう可能性がある。
- ・視覚情報だと授業中眠い時に見逃したりすると意味がなくなってしまう。
- ・全ての学生に合うわけではないと思う。
- ・標示は一瞬すぎて見逃すことがあるが、振動が追加されていることで、少なくとも先生が何かしたというのを気付かせる効果はあると思う。
- ・教えている講義の内容によるが、例えばイラストレーター等の場合には役に立つと思うただ、簡単な操作などは視覚情報が役立つ場合もあると思うので、その場合には触覚まで使わなくとも良いと思う。
- ・やってみる価値はあると思う。
- ・実際にやってみて、苦手な人に渡す感じで使うのが良いと思う。一年生はもちろんだが、二年生でも時間が経って忘れていたりするので使ってみても良いと思う。三年生でも他コースで普段使っていない学生には使ってみても良いと思う。
- ・個人差はあると思うが、学生が嫌でなければ使っても良いと思う。
- ・大変良いとおもう。学生の理解度が高まり、印象に残るとおもう。
- ・良いと思います。判断ができれば分かりやすいと思います。
- ・触覚でマウスの左右クリックの違い、操作の順番などを、個人差によって異なるもの、誰でも分かるのであれば、有効だと思います。

5. 考察・まとめ

SZCAT 着用に関するストレスについて、Q1 において重量に関する言及は 2 名発生したものの、反対に重量について気にならないとする回答が 9 名あり、重量については肯定的に捉えられていたと判断できる。ただし、接続コードと装着用のストラップについての言及がそれぞれ 4 名あり、他の実験協力者に肯定的な意見が無かったことから、改善の余地がある。また、指輪型を提案するなど、デザインに対する言及が 4 名あり、指に装着するという仕様上、装着具としてのデザイン性にも配慮する必要があると言える。

左右クリックで振動強度を変えたことについては、13 人中 12 人が左右の振動強度の差について肯定的に捉え、その殆どは現状の左クリックが弱く、右クリックが強い現状を肯定的に捉えていた。理由として左クリックの方が頻繁に操作されるという点で、ほぼ共通していた。このことから左右の振動強度の強弱差については開発時の意図通りの効果があり、また、設定も適切であったと判

断できる。ただし、この結果は本研究では右クリックやドラッグを多用しない Adobe Illustrator を用いたためであり、右クリックやドラッグを多用する、例えば 3D グラフィックス系のソフトウェアなどでは、結果が異なる可能性もある。

教員のマウス操作を学生に伝達する有効性については、13 名中 12 名が有効以上で回答しており、また、その理由から判断し、有効性は十分にあったと判断できる。

最後に授業への導入について、13 名中 12 名が有効以上で回答しており、好意的に捉えられていたと判断できる。ただし、個人差や触覚情報提示まで必要ない可能性についての回答も複数あり、まず従来通りに SZKIT を用いて授業を行い、その後、個々人の理解度に合わせ必要に応じて SZCAT を導入すべきと判断した。また、全体を通じ、SZCAT の装着と着脱がしやすいことや、機能の入手などを学生が任意に操作できるなど、利用する学生の負担を更に低下させる工夫が必要であると考えられる。

6. 今後の予定

本研究において、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が、SZCAT を用いた場合と用いなかった場合のタスク試験、及びアイトラッカーを用いたタスク試験中の視線計測を実施している。今後、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。

現在は解析が不十分であるため、本研究ではタスク試験について取り上げなかったが、タスク試験後のアンケートにおいて、13 名全員が触覚提示を行った方がタスクに集中できたと回答しており、一定の成果が出ているのではないかと期待している。

今後、これらのデータの解析を進め、今回の研究で得られた定性的評価に加え、SZCAT を用いた場合と用いなかった場合とを視線移動量やタスク試験結果などから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触覚情報提示の特性を明らかにしていきたいと考えている。

参考文献

- [1] 鈴木：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、18(2), pp.68-72 (2011)
- [2] 小林、鈴木：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、18(2), pp.35-39 (2011).
- [3] 鈴木：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, vol.110 (418), pp.25-30 (2011).
- [4] 鈴木、若月、小林：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 (2011).

- [5] Kobayashi, M., Suzuki, T, Wakatsuki, D. : Teaching Support Software for Hearing Impaired Students Who Study Computer Operation -SynchroniZed Key Points Indication Tool: SZKIT- ; 13th ICCHP, Proceedings no.7382(1) , pp.10-17 (2012).
- [6] 鈴木、若月、小林：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、111(472), pp.33-38 (2012).
- [7] Suzuki, T, Wakatsuki, D, 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 (2013).
- [8] 鈴木、若月、小林：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, J97-D(1), pp.108-116 (2014).
- [9] Carrol J.M. : The Nuremberg Funnel : Designing Minimalist Instruction for Practical Computer Skills; MIT Press, (1990).
- [10] 長南浩人：聴覚障害児の読解力と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、ろう教育科学, 45, pp.167-176, (2003).
- [11] Marschark, M, Hauser P.C. : Deaf cognition, Oxford University Press, New York, (2008).

