

令和元年6月22日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01056

研究課題名（和文）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に関する研究

研究課題名（英文）The Validation of Tactile Presentation System in Practical Training Class for Hearing-Impaired Students

研究代表者

鈴木 拓弥（Suzuki, Takuya）

筑波技術大学・産業技術学部・准教授

研究者番号：10553935

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、聴覚障害学生向け実技演習における教示支援手法について、触覚を用いた手法に着目した。平成28～29年度は、聴覚障害学生を対象としたPC操作教示時に用いる触覚フィードバックデバイスの開発と検証を行った。教員のマウス操作を、触覚情報によって伝達するため、マウス操作を行う指に装着する小型軽量の振動デバイスと制御プログラムを開発した。開発後、聴覚障害学生を対象とした評価実験を行い、視覚中心の従来の情報保障手段に対する触覚情報の有効性や問題点を示した。平成30年度は、視覚的な手法を再検討し、触覚情報による気付きの誘発や注視誘導効果と同等の効果もたす機能を加え、教示支援システムを再開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、聴覚障害学生向け実技演習における教示支援手法について、触覚を用いた手法を複数開発した。それら手法の効果検証や分析により、以下の成果が得られた。

1) 聴覚障害学生に対する実技演習時において、字幕を中心とした方法に加えて触刺激を用いることで、提示情報への気付きの誘発や視線移動量減少などの負荷軽減効果を得られた。2) 1の成果が得られた一方、触刺激を用いた手法では、視覚による伝達に比べ、不正確に認識される場合が認められた。3) 視覚情報過多による見落としや認識の遅れに対して、実演履歴を一定時間提示する手法を開発し、検証した結果、誤認識改善効果が得られた。また、精神的負荷の軽減効果が得られた。

研究成果の概要（英文）：In this research, we focused on Information support systems for Hearing-impaired students' practical learning. During 2016 and 2017 fiscal year, tactile feedback device was developed and examined which used in teaching PC manipulation to hearing-impaired students.

To tell the teacher's manipulation, control program and small/light vibrating device and were developed which wear on the finger manipulate the mouse. Evaluating experiments by hearing-impaired students show efficacies and issues of the tactile information system, which we developed, compared with ordinary visual information system.

During 2018 fiscal year, we developed new visual information system. New function work equally as previous research program, was added to existing educational information support system.

研究分野：福祉情報工学

キーワード：聴覚障害 実技 演習 教示支援 情報保障 触覚 振動

1. 研究開始当初の背景

聴覚障害学生に対する授業では、情報保障として手話と字幕による伝達が代表的な手段であり、教員や視聴覚教材から発せられる音声を手話に変換し、視覚を通じて伝達される。このため、聴覚障害学生は健聴学生に比べ、視覚によって得るべき情報が多い。講義の場合には、教員の手話や口話、板書、あるいは事前に準備された資料に視線を配る必要があり、視覚から得るべき情報が増大する。更に実技演習の場合には教員の実演の注視が必要となり、実演を注視した結果、説明を見逃す、あるいはその逆など、講義時よりも困難な問題があることが分かった。そこで、文字による説明に頼ることなく実演内容を直観的に理解できるよう、教員の操作情報を可視化する教示支援ソフトウェア SZKIT (SynchroniZed Key points Indication Tool) を開発した。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といった教員の操作内容をアイコンとして表示するもので、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ためのアプリケーションソフトウェアである。開発後に有効性を検証し、本学における複数の演習に導入した。聴覚障害学生の意見も取り入れて繰り返しフィードバックし、改良を重ねてきた。

筆者の担当する実技演習では、聴覚障害学生、最少7人から最大15人を対象としている。授業開始時に教示支援ソフトウェア 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、個別指導時の学生一人あたりの拘束時間は減少した。結果、多くの学生に細やかな対応ができるようになったが、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の問題などから、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た。こうした一部の学生に対して提示する字幕内容を調整するなどしてきたが、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字幕とは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きており、教育現場では視覚に偏重しない情報保障の充足が求められている。

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て、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考えられた（図1）。



図1：触覚情報提示による授業理解度向上の可能性

2. 研究の目的

研究の背景で述べた可能性について、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、触覚情報を提供し、その手法の有効性を検証した。加え、聴覚障害学生向け実技演習における授業理解度の向上につながるような新たな教示支援手法の開発を目的とした。

3. 研究の方法

まず、コンピュータ操作を教示する際の触覚情報の伝達方法について、教員の実演内容を触覚情報によって伝達するデバイスの開発を試みた。CyberGlove社のCyberGraspやDextaRobotics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高度な触覚伝達が可能な反面、非常に高価である。本研究は単に実技演習時の触覚情報の有効性を検証することだけが目的ではなく、触覚情報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。加え、本研究は触覚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やや大仰な手段であり、学生達にとって不必要なストレスを与える可能性が高い。そのため研究の導入段階において、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ように、小型軽量の触覚伝達デバイスの開発を試みた(図2)。



図2：ソレノイドを用いた軽量小型の触覚提示デバイス概念図

4. 研究成果

(1) 触覚によるマウス操作伝達システム SZCAT の開発と有効性の検証

視覚情報によって伝達されている一部の情報を感覚代行により伝達するシステムを開発、有効性を検証した。開発した伝達システムは聴覚障害学生を対象とすることから振動等触覚情報により伝わるものとした。具体的には、左クリック右クリック、左ドラッグ右ドラッグの指示を振動による触刺激によって伝達するシステムを開発した。



図3：触覚によるマウス操作伝達システム SZCAT の外観

開発したシステムをSZCAT (SynchroniZed Click Action Transmitter) と名付け、有効性を検証した。伝達システムの有効性を検証する第一段階として、提示情報への気づきの誘発、触覚伝達手段による精神的負荷の低減効果を定量的、定性的に検証した。検証の結果、視覚的な情報保障のみの場合にくらべ、触覚情報を追加した場合には、教示内容の誤認識を大幅に減少させる効果があることが分かった。また、視線移動量を減少させることができ、注視タイミングの導出に効果があることが分かった。質問紙調査からは、触覚情報提示デバイスの問題点や改善提案を得た。

SZCAT はクリックやドラッグといったマウスの基本操作を振動による触覚情報によって直感的に提示することを目的に開発した。例えばCADソフトのマウス操作では、オブジェクトの移動や視点の移動など、クリックされたタイミングや、左右クリックの区別、クリックとドラッグの区別を視覚的に提示したとしても、どの操作がどの結果に結びつくか、わかりにくい場合がある。このように、SZCAT はグラフィックソフトの教示に限らず、マウスを使用する操作の教示に広く適用できる可能性があると考えられる。

(2) 触覚による PC 教示支援システム SZFOX の開発と有効性の検証

触覚を用いた伝達システムであるSZCATはマウス操作(クリック・ドラッグ)のタイミングの伝達を目的としたシステムであり、キーボード操作のタイミングを触覚情報で伝達するシステムではない。そこで、キーボード操作とマウス操作のタイミングを、SZCATを改良することによって伝達する手法を提案し、有効性を検証した。

グラフィックスソフトウェアの実技演習では、キーボード操作とマウス操作のコンビネーションやタイミングが重要な場面が多い。そこで、本章において開発したシステムは、教員がマウス左ボタンを押下げた場合には、学生の右手人差指に装着したデバイスが振動し、教員がキーボードのいずれかのキーを押下げた場合には、学生の左手人差指に装着したデバイスが振動するシステムとした。本システムの提案にあたり、SZCATにおいて右手人差指(マウス右ボタンを押す指)に装着していた振動デバイスを、左手人差指(キーボード側の手の人差指)に装着し、キーボードのいずれかのキーが押し下げられた状態の時にソレノイドが振動するようにArduinoのファームウェア、及び制御ソフトウェアを変更し、開発した(図4)。本システムは「教員の操作に同期して強調する振動デバイス」という趣旨でSZFOX(SynchroniZed Focused Operation eXaggerator)と名付けた。SZFOXは前述のようにキーボードとマウス左ボタンの押し下げに同期して振動し、押し下げ中は振動しつづける。これによりマウスクリックとマウスドラッグの差や、キーボードを押し下げるタイミングと離すタイミングを表現できるようになっている。



図4：触覚によるPC教示支援システムSZFOXの外観

開発後、SZKIT 単独で用いた場合と、SZKIT に SZFOX を併用した場合とを比較することで、SZFOX を用いた手法の有効性を検証した。検証の結果、SZFOX を併用した場合には、SZKIT 単独で用いた場合に比べて視線移動量を著しく減少させるなどの効果が認められた。一方で、振動の残効によって、SZKIT 単独で用いた場合に比べ、SZFOX を併用した場合に、誤認識が多発する場面があることが分かった。SZCAT 及び SZFOX の開発、検証によって、視線移動量を減少させる効果など、視覚に集中している負荷を軽減させる効果を得ることができた。一方で触覚による情報の伝達は、視覚による伝達に比べ、不正確に認識される場合もあるなど、課題や問題点も明らかとなった。そこで、視覚情報過多による見落としや認識の遅れを解消するには、視覚以外の伝達手段に分散させるのではなく、視覚を用いつつ、負荷を軽減する別の方法を検討した。

(3) 実演履歴提示システム SZKISS の開発と有効性の検証

SZCAT 及び SZFOX の開発、検証によって、視線移動量を減少させる効果など、視覚に集中している負荷を軽減させる効果を得ることができた。一方で触覚による伝達は、視覚による伝達に比べ、不正確に認識される場合もあるなど、問題点も明らかとなった。そこで視覚情報過多による見落としや認識の遅れを解消するには、視覚以外の伝達手段に分散させるのではなく、視覚を用いつつ、負荷を軽減する別の方法を検討した。これまでの手法に加え、教員の実演履歴を一定時間提示する手法を検討した。

教員の PC 操作履歴を可視化するためには、マウスやキーボードが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。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。これまでも教示支援システムに、実演履歴インジケータを追加して開発したシステムを、操作履歴インジケータの特徴を踏まえて SZKISS (SynchloniZed Key points+ Indicator with Scrolling Sign) と名付けた (図 5)。

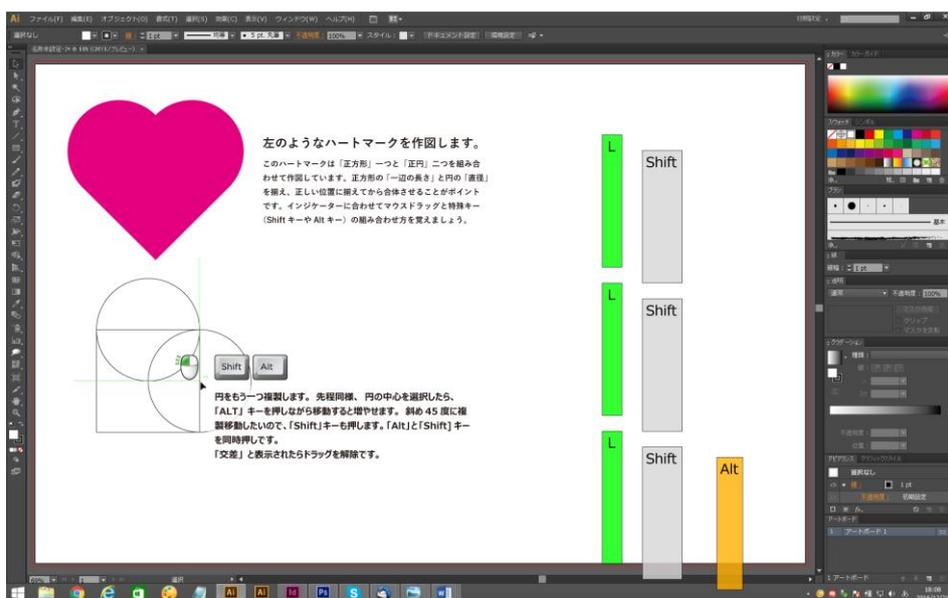


図 5：実演履歴提示システム SZKISS を用いて教示している画面

SZKISS 開発後、有効性を検証した。検証では SZKIT を用いた場合と、SZKISS を用いた場合とを比較した。検証の結果、SZKISS を用いた場合には、SZKIT を用いた場合に比べ、誤認識を減少させる効果を証明できた。質問紙調査の結果から、実演履歴が一定時間残ることによる精神的負荷の低減効果も認められた。以上が本研究による成果である。

5. 主な発表論文等

[論文] (計3件)

- ① 鈴木拓弥, 小林真, 長嶋祐二, “聴覚障害学生向け実技演習を支援する触覚情報提示システム SZCAT の効果に関する基礎的研究,” 電子情報通信学会論文誌 D(情報・システム), J101-D(3), pp. 560-568, 2018.
- ② 鈴木拓弥, 小林真, 長嶋祐二, “聴覚障害学生向け触覚情報提示システム SZFOX の有効性について,” ヒューマンインタフェース学会論文誌「楽しく・自分らしく」を支える「医療・健康・福祉・介護」のインタフェース, Vol. 20 No. 2, pp. 183-190, 2018
- ③ 鈴木拓弥, 長嶋祐二, “聴覚障害学生向け実技演習における実演履歴提示ソフトウェア SZKISS の開発と有効性の検証,” 電子情報通信学会論文誌 D(情報・システム), J101-D(2), pp. 359-368, 2018.

[学会発表] (計4件)

- ① Takuya Suzuki, Makoto Kobayashi, Yuji Nagashima: Eye Movements of Hearing Impaired Students in Self-practice to Learn How to Use Graphic Software, HCI International 2016, 18th International Conference, HCI International 2017 Posters' Extended Abstracts, Part II, pp 277-281, Toronto, Canada, 2016.7
- ② Takuya Suzuki, Makoto Kobayashi, Yuji Nagashima : Vibration Ring Device Which Supports Deaf Students to Learn How to Use Illustrator -SZCAT: Synchronized Click Action Transmitter-, 19th International Conference, HCI International 2017 Posters' Extended Abstracts, Part I, pp 192-197, Vancouver, Canada, 2017.7
- ③ 鈴木拓弥, 小林真, 長嶋祐二: 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 (SynchroniZed Click Action Transmitter), ヒューマンインタフェースシンポジウム 2016, 東京農工大学 (小金井市), 2016.9.8
- ④ 鈴木拓弥, 長嶋祐二: 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, 情報処理学会ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI) 研究会, 大濱信泉記念館 (石垣市), 2017.1.24

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木拓弥 (SUZUKI, Takuya)

筑波技術大学・産業技術学部・准教授

研究者番号: 10553935