

触覚ディスプレイによる視覚障害者と 健常者の共遊創作活動支援システムの開発

鈴木 達也^{1,a)} 金井 秀明^{1,b)}

概要：本稿では、視覚障害者と健常者が同じグループ内で活動する際に、その共同作業を促進させる共遊創作活動支援システムを提案する。共遊とは障害者と健常者が共に遊ぶことであり、本稿では共遊としてグループで一枚の絵を完成させる共同絵画に着目した。擬似視覚障害者と健常者の間で行われる共同絵画について会話・行動観察を行い、両者間に起きる特徴的な点を明らかにした。この知見に基づき、共遊創作活動支援システムを開発した。

キーワード：視覚障害者、グループワーク、触覚ディスプレイ

Development of the collaborative playing system by tactile display for visually impaired and healthy persons

TATSUYA SUZUKI^{1,a)} HIDEAKI KANAI^{1,b)}

Abstract: We present a support for collaborative playing that promotes to play with visually impaired and healthy persons. In this paper, we focus on collaborative drawing among persons with and without visually impaired. We conduct a test of collaborative drawing between pseudo-visually impaired and healthy persons in order to investigate its behavioral features. According to the findings, we develop a support system for a collaborative drawing.

Keywords: visually impaired, group work, tactile display

1. はじめに

視覚障害者と健常者が共同作業を行う機会は非常に重要であり、今後その機会は増加していくと考えられる。「障害者の権利に関する条約」[1]によると、障害者がレクリエーション、余暇等への均等な参加の確保が重要な権利の1つであるとされている。

日本においては「障害者の権利に関する条約」を受け、「共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進」[2]を進めている。インクルーシブ教育システムでは障害者等が社会において豊かな

生活を送ることができる共生社会を目指している。この教育システムでは、健常者と障害者が同じ学校、同じ教室で学ぶことが大きな特徴である。インクルーシブ教育システムを推進することで、健常者と障害者の相互理解を深めることができるかとされている。視覚障害者が健常者と同じ教室でレクリエーションを行う場合、両者が参加できる環境が必要である。視覚障害者は視覚情報が得られないため、健常者との情報量の差が出やすいからである。

本研究では、レクリエーションの1つとして「共同絵画」に着目した。共同絵画はグループで1枚の絵を完成させる活動で、活動を通してグループ内で相互理解を深めることが目的である。全盲の視覚障害者にとって絵を描くことは身近な活動ではない。しかし視覚障害者が絵を描く、絵を鑑賞する活動を行うことで、視覚障害者自身のレクリエー

¹ 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
JAIST, Asahidai Nomi, Ishikawa 923-1211, Japan

a) s1610100@jaist.ac.jp

b) hideaki@acm.org

ションへの参加の幅が広がる。また視覚障害者が絵を鑑賞する場合、視覚情報ではなく触覚情報等での絵の鑑賞を行うが、継続的に触覚情報での絵の鑑賞を行うことで、将来的に地図の読み取り等の日常生活における必要なスキルの向上に繋がると考える。

そこで本稿では、視覚障害者と健常者が共同絵画を行うことができる環境として、共遊創作活動支援システムを開発した。以下、第2章では本研究に関連する研究について述べる。第3章では予備実験の擬似視覚障害者と健常者の共同絵画について述べ、予備実験の考察を基に第4章では視覚障害者と健常者を対象とした共遊創作活動支援システムについて述べる。最後に第5章で本稿の結論を述べる。

2. 関連研究

2.1 共同作業

視覚障害者のピンディスプレイを用いた図の理解に関する研究として Bornschein ら [3] は視覚障害者と健常者間のやりとりに着目した。この論文では、ある画像（視覚情報）を編集し、ピンディスプレイ（触覚情報）に表示可能なシステムを開発した。また、画像をピンディスプレイ用の情報に変換する際には、自動での変換の他に変換途中で修正が可能である。システムを用いて変換する時に、視覚障害者と健常者の両者が変換途中の修正に参加する。図等の視覚情報から触覚情報への変換時に、変換する過程で健常者だけでなく視覚障害者を加え情報交換することで、より実用性の高い変換が可能となった。

健常者が視覚障害者に対して視覚情報を教授する方法として、Plimmer ら [4] は力覚フィードバックを利用した文字の書き方学習システムを開発した。視覚障害者が文字を書くことが可能になることで、自筆のサインなど自立性の向上が期待できる。全盲の視覚障害者はペンの使用頻度が低く、視覚による書き方の指導を受けることは容易でない。力覚フィードバックと音声を利用した文字の書き方学習システムにより、ペンの使い方を教師から視覚障害者へリアルタイムに伝達することが可能である。システムを用いて文字の学習を行い、リアルタイムに情報を伝達することが視覚障害者の理解を促進させるという知見を得た。本研究においても視覚障害者と健常者が共同作業する時に、視覚情報と触覚情報でのリアルタイムな情報共有が、両者の描画情報の共通理解を促進させると考える。

共同作業の分析として鈴木ら [5] は健常者の共同作業における非言語的活動に着目した。健常者同士の共同作業では、共通の凝視が多いグループが共同作業が活発であった。このことからグループ内において共通の凝視をさせる工夫をすることで共同作業が促進される可能性を鈴木らは指摘している。本研究で開発するシステムでは、健常者と視覚障害者の共通の凝視の対象を設定することで共同作業の促進が可能であると考えられる。

2.2 視覚障害者支援システム

視覚障害者支援のシステムとして Swaminathan ら [6] は3Dプリンタ構造を用いた凹凸を利用した巨大ディスプレイを開発した。従来の触覚ディスプレイでは描画面積が制限されることで、情報量によって表示できない場合があった。Swaminathan らが開発したシステムは2軸の3Dプリンタ構造を用いることで、従来よりも巨大な触覚情報の表示が可能となった。本研究では、触覚情報の提示として Swaminathan らのシステムを参考にし、描画範囲を設定する。

視覚情報の学習支援として Buzzi ら [7] はタブレット端末を用いた幾何学の学習システムを開発した。子供の学習に必要な幾何学学習において、視覚障害者に対してタブレット端末を利用して学習支援をするシステムである。この研究では振動によるフィードバックを利用するが、視覚障害者にとって凹凸の触覚提示の方が日常的に使われている。そのため、本研究では凹凸を利用した触覚提示を使用する。

3. 予備実験

予備実験では、視覚障害者と健常者が同じグループで活動した時の問題点やその特徴を明らかにする。健常者を目隠しし、擬似的な視覚障害を持つ擬似視覚障害者と健常者間で共同作業をすることで、中途視覚障害者を想定した実験を行う。擬似視覚障害者と健常者の共同絵画について会話・行動観察し、考察する。

3.1 対象と環境

予備実験は20代男性10名、20代女性5名、合計15名を対象とした。視覚特別支援学校の授業を参考に、1グループ3名で5グループ構成した。

図1に示すように被験者に着席させ、作業中の動作や会話を2台のカメラで撮影した。

3.2 実験方法

図2は予備実験の様子である。1グループごとに、共同絵画を2回実施した。1回の共同絵画の時間は通常の学校の授業内グループワークを参考に15分とした。

実験は、机の上にある1枚の紙と1本のペンを用いて、制限時間15分間で被験者3人が提示されるテーマに沿って描画する。机の上には時計を置き、被験者は時間を確認できる。テーマは「水族館」「動物園」など一般的なテーマとした。また、共同絵画として被験者は1回の共同絵画につき1回は描画することを指示した。

実験開始前に、被験者同士による共同絵画の進行の把握、円滑な共同絵画の実験のための5分間の簡単な共同絵画を実施した。1回目の共同絵画では3人の被験者が制約無しで共同作業する。2回目の共同絵画では被験者1人が、ア

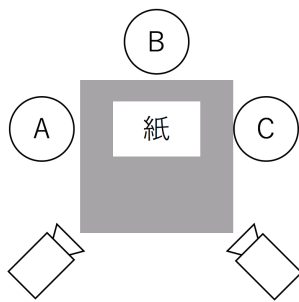


図1 実験環境



図2 予備実験の様子

イマスクで目隠しした擬似視覚障害者として実験に参加する。擬似視覚障害者を含め3名で15分の共同絵画を実施した。条件として擬似視覚障害者は他の被験者同様、最低1回描画することを指示した。

実験中、2台のカメラで実験を撮影した。2台のカメラを用いて被験者それぞれの行動、会話について記録した。記録を基にアノテーションソフトを用いて、各動画に付加情報を記入した。アノテーションソフトでは、主に以下に示す点について付加情報を記入した。

- 各被験者が描画する時間
- 会話内容（発言ごとの記録）
- 会話時間

「各被験者が描画する時間」について、絵を描く被験者がペンを紙につけた時点から、ペンを離すまでの時間を計測している。

実験後5分程度のインタビューを行い、共同絵画を行った感想、困難であった点等の回答を求めた。

3.3 結果

5グループで各2回の共同絵画を実施し、その様子をビデオ撮影にて記録した。図3のように記録した動画にアノテーションソフトを用いて付加情報の記入し、会話・行動の観点から分析した。

アノテーションソフトを用いた分析に加え、インタビューから得た情報を参考に擬似視覚障害者と健常者の共同作業における特徴を明らかにした。

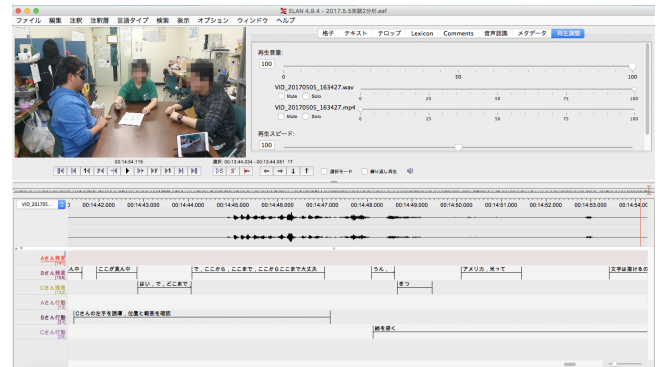


図3 行動・会話の分析

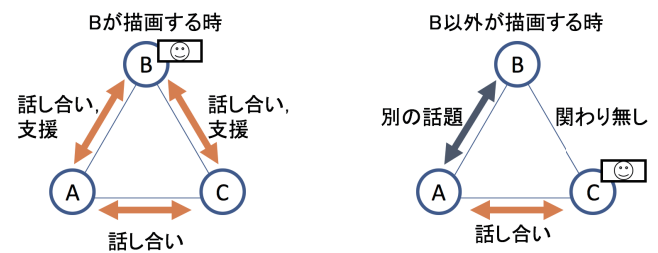


図4 会話の違い

3.4 会話分析

各グループ内での会話について、擬似視覚障害者の有無で変化が見られた。図4に共同絵画1回目と2回目の会話の差を示す。例えば、共同絵画1回目では3人が互いに情報交換し、議論を交わしながら共同作業していた。一方、共同絵画2回目では、擬似視覚障害者Bが描画する時と、他の被験者AとCが描画する時で会話に差が見られた。擬似視覚障害者Bが描画する場合、1回目と同様に3人が互いに議論を交わしながら共同作業する様子が見られた。またその時、AとCが擬似視覚障害者Bを支援する様子が見られ、会話が活発であった。一方、AやCが絵を描いている場合、AとCによる会話は発生するが、擬似視覚障害者Bは上手く2人の会話に入らず、3人での会話が減少する様子が見られた。

3.5 行動分析

グループ内での行動について、擬似視覚障害者にとって描画することに対する阻害要因の1つと考えられる行動が見られた。例えば、擬似視覚障害者が描画する場合、描画する場所を探す。その後、描画可能な範囲とその位置を把握する必要がある。共同絵画では、1人で描画する場合と違い他者の協力を得ることが可能である。しかし行動観察から、擬似視覚障害者に対して他の2人が支援するが、意思疎通がうまくいかず何度も位置や範囲を確認する様子が見られた。その結果、擬似視覚障害者が描画する作業が滞る傾向にあった。

擬似視覚障害者が他者が描画している絵を鑑賞する場合、視覚を使用して情報を取得することが困難であることから

他者が提供する情報に依存する様子が見られた。この様子は頻繁に見られるものではなく、擬似視覚障害者が自ら積極的に情報を求めるような行動は少なかった。これは、3.4で述べた擬似視覚障害者が会話に入れない状況に関連しているのではないかと示唆される。実験後のインタビューの中には「どんな絵を描いているのか気になっていたが、他の人が今どんな作業をしているのかわからないから声をかけづらい」といった意見があった。また、一部の情報は把握しているが、全体としてどのような形になったのかわからないと言った意見もあった。

3.6 予備実験の考察

予備実験の会話分析と行動分析の結果から、他者からの支援を得ても困難な事項があり、支援していく必要があると考える。

1点目に、視覚障害者に対して絵に関する情報を視覚情報から触覚情報など視覚障害者本人が実際に確認できる状態に変換する必要がある。絵に関する情報として得られる情報には、形、色、線の太さなど様々な情報が付与される。予備実験では、色に関する情報は排除したため、注目される点は描画された絵の形であった。会話・行動観察の結果、絵の形に関する会話は多いが、擬似視覚障害者本人が確認する手段が無いことで作業が阻害されたと考えられる。

2点目に、擬似視覚障害者が描画する時に、3人が互いに話し合いながら作業を進めていく行動を促進させる必要がある。この行動は1人で描画する時には発生しない行動であり、共同作業特有の行動の1つである。しかし、擬似視覚障害者以外が描画する時、3人の会話が減少した。そのため、3人で会話するためのきっかけとなる情報の共有が必要である。特に会話の中心として「描画している絵」に関する話題が多く、描画している絵の情報を共有させることが有効であると考えられる。

本研究では、以上の2点について支援することで、共同作業を円滑に行うことが可能であると考えた。

4. 共遊創作活動支援システムの開発

予備実験により、視覚障害者と健常者間の共同絵画で支援すべき事項が明らかになった。本研究では共遊創作支援システムとして、画面共有システムと触覚ディスプレイの連動による情報共有システムを開発した。図5は本システムの概要である。本システムでは、視覚障害者が触覚ディスプレイ、健常者がタブレット端末を用いて描画情報を共有をしながら共同絵画を行う。

4.1 共遊創作活動とは

本研究において「共遊」とは視覚障害者と健常者が障害に関係なく、1つの共通した目標に向かって遊ぶことである。共遊創作活動では、共遊の中でも創作活動のことを示

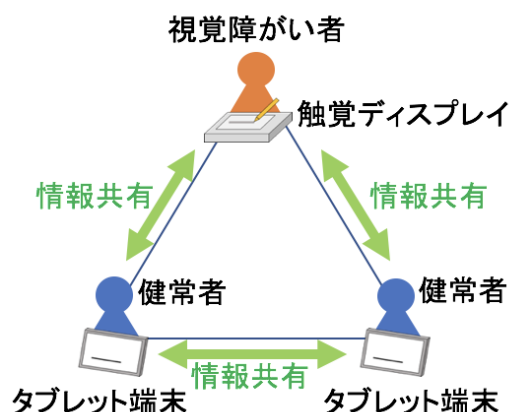


図5 システムの概要

し、視覚障害者と健常者が共同で創作活動を楽しむことを最終的な目標とする。本研究では共遊創作活動支援として共同絵画を取り上げた。

4.2 システムの構成

本システムは図6に示すように、主に「画面共有システム」と「触覚ディスプレイ」で構成されている。

鈴木ら [5] が共同作業を促進させる要因として指摘した「グループ内において共通の凝視をさせる工夫をすること」に着目し、視覚障害者と健常者が共通の情報を得ることが可能な手段をシステムに導入した。共同絵画の場合、最も凝視しやすい情報として、絵の形に対して凝視することが可能なシステムとした。

また、Bornschein ら [3] や Plimmer ら [4] の知見から、視覚障害者と健常者の間でリアルタイムに情報共有することが必要であると考えた。そこで画面共有システムと触覚ディスプレイの2つのシステムによって視覚障害者と健常者にリアルタイムに共通の情報を取得させる。画面共有システムでは、それぞれのユーザーが持つタブレット端末もしくは触覚ディスプレイに描いた絵を全員の画面に反映させる。画面を共有することで自身の持つデバイスで描画し、共同で1つの作品として完成させることが可能である。

画面共有システムに連動し、触覚ディスプレイで視覚情報である絵の線を、凹凸を利用した触覚情報に変換する。凹凸による触覚情報に変換することで、視覚障害者の絵を見ることを支援する。また、触覚ディスプレイに座標取得が可能なセンサを取り付け、触覚ディスプレイに描画する動作をすることで凹凸で線を提示するとともに、他のユーザーに対して画面共有システムを用いて視覚情報として共有することが可能である。

この2つのシステムを連動させ、健常者は視覚情報、視覚障害者は触覚情報を用いて本システムを使い共同絵画を行う支援をする。

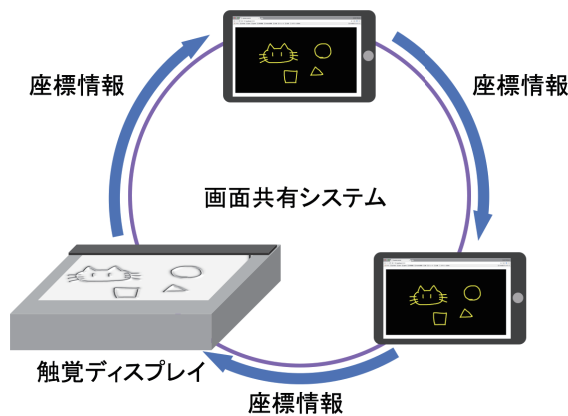


図6 システムの連動

4.3 健常者のための設計

健常者は絵に関する情報の多くを視覚情報として受け取る。そこで視覚障害者と共同作業する上で、健常者が持つ能力を制限することなく情報共有することが可能な設計とした。本システムにおいては画面共有システムで視覚情報の共有を支援する。

4.4 視覚障害者のための設計

従来の絵の提示方法では視覚情報が主であり、視覚障害者が直接絵の情報を受け取ることは容易でない。そこで触覚ディスプレイを用いて視覚情報を触覚情報に変換し、情報共有することが可能な設計とした。また、弱視の視覚障害者の使用を想定したシステムの画面色を設定し、弱視の視覚障害者への負担軽減を図る。

4.5 画面共有システム

図7は画面共有システムで画面を共有した様子である。システムでは各デバイスの画面を共有し、視覚情報を共有する。

画面共有システムは Web アプリケーションとして設計した。システムにログインしたユーザーはマウスもしくはタッチペンなどを利用して線を描画する。描画された線の座標情報は一度サーバーに送られ、サーバーから他のユーザーに座標情報が送信される。他のユーザーは座標情報を受け取り、自身の画面に描かれた線が反映されることで、画面の視覚情報をユーザー同士で共有する。

画面共有システムにて得られた座標情報は、触覚ディスプレイに送信される。触覚ディスプレイから送信された座標情報は、線の座標情報として他のユーザーに反映される。システムではリアルタイムな情報共有を重視し、描画終了後に情報を送信するのではなく、マウスの座標を送信することでリアルタイムに絵を描いている経過を共有させる。

画面の色は背景色を黒、線の色を黄色とした。これは、弱視の視覚障害者の使用を想定したものである。弱視の視

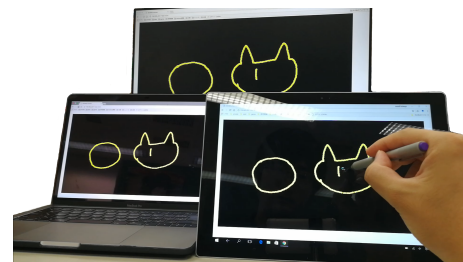


図7 画面共有システム

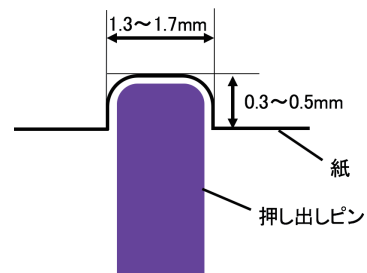


図8 押し出しピンの構造

覚障害者の場合、触覚ディスプレイではなくタブレット端末などから視覚情報として絵を見ることが主となる。そのため弱視の視覚障害者でも線が認識時に負担がかからない、背景色に黒、線の色に黄色の組み合わせとした。

4.6 触覚ディスプレイ

触覚ディスプレイは凹凸を利用した触覚情報を提示する。図8のようにディスプレイ表面に固定された A4 サイズの紙を下から押し出しピンを用いて押し出すことで凹凸を提示する。凹凸は JIS T0921 の点字に使用される大きさに基づき半径 1.3~1.7mm、高さ 0.3~0.5mm の範囲になるように設計した。ピンには圧力センサを設置し、十分な押し出しができていないか圧力センサの値を計測しながらピンを押し出す。

また、画面共有システムから受け取った座標情報を反映させるために、図9のように2軸のステッピングモータを利用して押し出しピンを移動させる。押し出しピンの座標移動は、画面共有システムから送られる描画情報に対してリアルタイムに行う。視覚障害者は他者が描画している絵の経過を自身の触覚ディスプレイ上で追うことできる。

触覚ディスプレイは、視覚障害者自身による触覚ディスプレイへの描画が可能である。図10のように視覚障害者自身が触覚ディスプレイに描画する動作をすることでその描画を凹凸で提示し、他のユーザーに描画情報を提示する。触覚ディスプレイによるペンの座標取得は、触覚ディスプレイ表面に設置した赤外線センサーを用いたセンサーバーを使用する。取得したペンの座標から凹凸を提示し、他のユーザーへ座標情報を送信、画面共有システムを通じて視覚情報として絵を見ることが可能である。

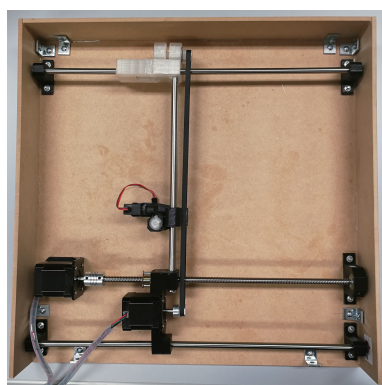
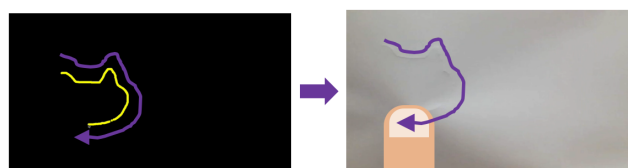


図 9 触覚ディスプレイの構造



画面共有システム

触覚ディスプレイ

図 10 触覚ディスプレイによる描画

参考文献

- [1] 外務省：障害者の権利に関する条約，
入手先 (http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/jinken/index_shogaisha.html) (2017.10.19).
- [2] 文部科学省：共生社会の形成に向けたインクルーシブ教育システム構築のための特別支援教育の推進（報告），
入手先 (http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/044/attach/1321669.htm) (2017.10.18).
- [3] J.Bornschein, D.Prescher, G.Weber: *Collaborative Creation of Digital Tactile Graphics*, Assets '15(2015).
- [4] B.Plimmer, A.Crossan, S.Brewster, R.Bлагоjevic: *Multimodal collaborative handwriting training for visually-impaired people*, CHI '08(2008).
- [5] N.Suzuki, I.Umata: *Nonverbal Behaviors in Cooperative Work : A Case Study of Successful and Unsuccessful Team*, Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 29.
- [6] S.Swaminathan, T.Roumen, R.Kovacs, D.Stangl, S.Mueller, P.Baudisch: *Linespace : A Sensemaking Platform for the Blind*, CHI '16(2016).
- [7] M.Buzzi, B.Leporini, C.Senette: *Playing with Geometry: A Multimodal Android App for Blind Children*, CHIItaly 2015(2015).

5. まとめ

本稿では視覚障害者と健常者の共同絵画を支援を目的とした画面共有システムと触覚ディスプレイの連動による共有創作活動支援システムを提案した。

予備実験から、擬似視覚障害者と健常者の共同絵画では、両者間で共通する情報が不足し、共同作業が阻害されることが考えられた。この知見から、視覚障害者と健常者でリアルタイムに情報共有することに着目した。

共遊創作活動支援システムは、画面共有システムと触覚ディスプレイを連動させたシステムである。描画情報について、視覚障害者は触覚情報、健常者は視覚情報として取得し、描画情報の共有が可能である。また、視覚障害者と健常者が、自身の持つ能力を活かしながら絵を描画し、他のユーザーとの共有が可能になった。

予備実験は擬似視覚障害者による中途視覚障害者を想定した共同絵画である。共遊創作活動支援システムは予備実験の知見からシステム設計していることから、先天性の視覚障害者を対象としたシステムデザインが必要である。そこで、視覚障害者へのインタビュー、触覚ディスプレイの評価を行い、システムへ反映させる予定である。

本システムを用いた共同絵画での情報共有の支援による共同作業の変化を会話・行動観察から評価する。会話・行動観察ではシステムの有無による活動の変化を明確化するため、会話数、視線の移動等を記録し分析する予定である。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費基盤研究 (C)16K00269 の助成を受けたものです。