

透析患者向けベッドにおける 非接触タッチパネルへの光フィードバックの効果

武田 祐樹¹ 中道 上^{2,3} 稲葉利江子⁴ 渡辺 恵太⁵ 山田 俊哉⁶

Evaluation of Non-contact Touch Panel with Optical Feedback for Dialysis Patient's Bed

Yuki TAKEDA¹ Noboru NAKAMICHI^{2,3} Rieko INABA⁴
Keita WATANABE² Toshiya YAMADA⁴

ABSTRACT

We propose Non-contact Touch Panel with Optical Feedback used in the prototype bed for dialysis patients. Optical feedback is applied to the position of the non-contact touch panel by projection mapping. A virtual touch panel is visualized when the fingertip touches the light. We experimented with a non-contact touch panel using the visualized feedback. As an experimental result, participants had no tap mistakes by using optical feedback.

キーワード：Remote Touch Panel, 仮想タッチパネル, 非接触操作

Keywords: Dialysis patients, Remote Touch Panel, Virtual touch panel

1. まえがき

日本では「少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少」「育児や介護との両立など、働く方のニーズの多様化」などの状況に直面しており、働き方改革が注目されている。働き方改革は働く人の事情に応じて、その人にあった働き方のできる社会を実現し、より良い将来の展望を持てるようにすることを目指すことである[1]。2017年3月の「働き方改革実現会議」において「働き方改革実行計画」が決定され、今後実行すべき政策の1つとして、「病気の治療と仕事の両立」が掲げられている。

透析患者数は年々増加しており 2017年には約32万人となっている[2]。透析患者は1回平均4時間かかる人工透析を1週間に3回実施する必要がある、1週間に合計で12時間ベッドの上で過ごさなければならない[3]。また、片腕には透析針が刺されているため、動きが制限されている。そのため、仰臥位（以下、

仰向けの姿勢、という）を維持し続ける必要があり、身体的負荷が大きい。

これまで著者らは、透析患者を対象として、人工透析中にも仕事が可能な環境を整えるため、透析患者のペルソナ（仮想ユーザー）について検討した。ペルソナに基づいて透析患者向けベッドに求められる要件を明らかにし、天井ディスプレイに対して非接触操作として Remote Touch Panel の利用を想定した透析患者向けベッドを試作した[4]。

本研究では、試作を利用した透析患者向けベッドにおいて、非接触タッチパネルの可視化手法として、光によるフィードバック（以下、光フィードバック）を提案する。光フィードバックとは非接触タッチパネルの位置に光を照射し、指に光が触れることで操作面を可視化している。非接触タッチパネルの光フィードバックとして非接触タッチパネルの操作面を視認しやすい光の形状、配色である線（白）と空間（青）の後面判定を使用する。

1 福山大学大学院工学研究科 2 福山大学工学部 3 アンカーデザイン株式会社 4 津田塾大学
5 エムスリー株式会社 6 NTT テクノクロス株式会社

本研究では、光フィードバックの有無によって非接触タッチパネルの操作性にどのような影響を及ぼすのかを実験により明らかにする。

2. 透析患者向けベッドの試作

透析患者向けベッドの試作にあたり、透析患者向けベッドに求められる要件として、天井ディスプレイの設置と天井ディスプレイに対する非接触操作が要件として挙げられた。天井ディスプレイの設置の要件を満たすためにペーパースクリーンを天井に貼り付け、天井ディスプレイに対する非接触操作の要件を満たすために Remote Touch Panel[5]を利用した非接触操作を可能とした透析患者向けベッドを試作した(図1)。

2. 1 透析患者向けベッドの現状と求められる環境

現在使用されている透析患者向けベッドには、TVを見て過ごすためのアーム付きTVが取り付けられている場合がある。しかし、透析患者や臨床工学技士がアームにぶつかる事故が発生したり、アームの回転によってTVのケーブルが断線したりといった問題が発生している。また、人工透析中にスマートフォンを操作することも想定されるが、患者が長時間スマートフォンを顔の前に持ち続ける必要があり、疲労にともなう人工透析中の腕などに落としてしまう危険性がある。

このような透析患者のリスクや負荷を回避するため、天井ディスプレイの設置を提案した。ペーパースクリーンを天井に貼り付けプロジェクターによって投影することにより、ディスプレイとしての機能を持たせた。試作した透析患者向けベッドを図1に示す。使用した機材は、ペーパースクリーン、天井用プロジェクター(RICOH PJWX2440, 明るさ:3100lm)である。天井用プロジェクターをベッド上部の机上に固定し、天井のペーパースクリーンに対して照射している。ペーパースクリーンに照射したディスプレイの大きさは、縦:75cm, 横:101cmであり、約50インチの大きさである。

2. 2 非接触タッチパネル

スマートフォンを操作する際は、画面に触れて操作を行うが、天井ディスプレイに対して同様に操作することは難しい。本研究では、非接触操作手法である Remote Touch Panel [5]を利用する。Remote Touch Panelとはタブレットを操作するようなジェスチャー操作により、離れた位置にある画面を操作することを想定した非接触操作可能なタッチパネルシステムであり、3次元上の頭を基点とし、右手の人差し指を操

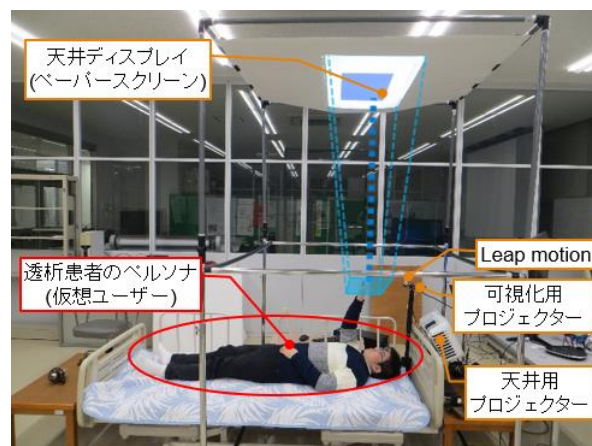


図1 試作した透析患者向けベッド

作点と設定した、基点と指先を結んだ延長線上のディスプレイとの交点をポインティング位置とする指さしジェスチャーによるポインティングシステムと基点からの非接触タッチパネルの高さを設定し、指先が設定した高さを超えるとタップ操作を可能にするインターフェースから構成される。

2. 3 非接触タッチパネルの光フィードバックの提案

Remote Touch Panelは非接触操作可能なタッチパネルであり、現在は非接触タッチパネルを視認することができない。本研究では、非接触タッチパネルを可視化する方法として、プロジェクションマッピング技術を利用した光フィードバックを検討した。光フィードバックによって非接触タッチパネルの位置に光を照射し、指がその光に触れることで非接触タッチパネルを可視化できると考える。指に光を照射した様子を図2に示す。マットレスから60cmの高さに可視化用のプロジェクター(SONY モバイルプロジェクターMP-CD1: 明るさ105ANSIlm)を設置し、マットレスから50cmの高さにLeap Motion [6]を設置し非接触タッチパネルの可視化と非接触操作を実現している。可視化用プロジェクターから指までの距離は個人ごとに差があるが約30cmである。光を指にあてたときの形状の幅は線が約0.3cm, 空間が約5.0cmとなっている。

光フィードバックの形状として線や空間が考えられる。光の形状として「線」「空間」、またそれらを組み合わせた「線+空間」が考えられる。「空間」を含む場合には、空間の前面・中面・後面のどのような位置に非接触タッチパネルの操作面を設定すれば良いのかについては明らかにされていない。著者らは「線」「空間」「線+空間」によって照射する形状とそれぞれの非接触タッチパネルの操作面から7種類の形状について検討した(図3)。さらに、光フィー

ドバックの光の配色についても検討した。本研究では、非接触タッチパネルを利用する対象が「ヒト」であるため、まず心理原色を参考に赤、青、黄、緑、白、灰の6色とした。

非接触タッチパネルにおける視認性の高い光フィードバックを検証するために、可視化用プロジェクターによって指に光を照射し、光フィードバックの形状と配色についての実験を行った。実験は大学生54名（男性：31名、女性：23名）を対象に実施した。実験の結果、形状判定位置、配色の組み合わせ、54通りのうち、線(白)+空間(青)の後面判定が5人(5.9%)と最も選択される結果となった。最も選択された光の形状と配色を指に照射した様子を図2に示す。

3 光フィードバックを用いた非接触タッチパネル

によるタップ操作実験

非接触タッチパネルを通して天井ディスプレイに対してタップ操作を行うことは、非接触タッチパネルの位置を視認することができないため操作が難しい。光フィードバックによって非接触タッチパネルの操作性が向上するか、その効果については明らかにされていない。そこで本研究では、光フィードバックとして視認性の高い光形状、配色である線(白)+空間(青)によって非接触タッチパネルを可視化し、非接触タッチパネル操作実験を実施した。

3.1 実験環境と実験タスク

実験参加者は大学生20名とし、実験参加者の奇数番目は光フィードバックなし、偶数番目は光フィードバックありから実験を実施する。非接触タッチパネルに対するタップ操作時の1から9までを順にタップした際の指先の移動について記録した。非接触タッチパネル利用時の実験参加者の視点からの光フィードバックの様子を図4に示す。実験参加者は光フィードバックありの場合と、光フィードバックなしの場合で非接触タッチパネルをタップ操作する。

実験は試作した透析患者向けベッドを使用して実施した(図1)。Remote Touch PanelはLeap Motionセンサーを使用し、指に光を当てるための可視化用プロジェクターにはSONY モバイルプロジェクターMP-CD1(明るさ：105ANSIlm)を使用した。可視化用プロジェクターから指までの距離は個人ごとに差があるが約30cmである。光を指にあてたときの形状の幅は線が約0.3cm、空間が約5.0cmとなっている。

実験に使用するポインティングタスク画面を図4に示す。スクリーン上のタスク画面には、上段3つ、中段3つ、下段3つの計9つのマスを配置している。各マスには1から9の番号を振り分けている。非接触

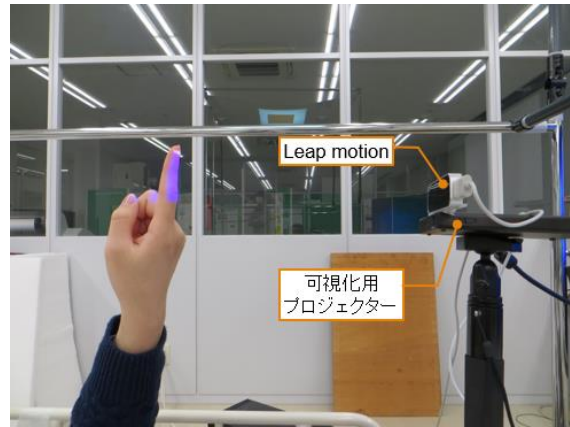


図2 線(白)+空間(青)を指にあてた様子

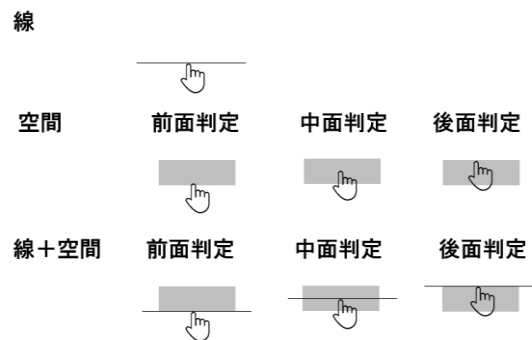


図3 照射する光の7種類の形状

タッチパネルの位置を0mmとしており、指先がプラスの値から非接触タッチパネルを超えてマイナスの値に指が移動した後、指先がマイナスの値からプラスの値に変化し、タスク画面上でタップ操作を認識した際を非接触タッチパネルにおけるタップ操作と判定する。タップ操作時にはマウスイベントにおけるマウスダウン、マウスアップでのフィードバックがあり、マウスダウン(指先が非接触タッチパネルに触れて超える)ではポインティング箇所のマスがオレンジ色に変化し、マウスポインターが画面上に固定されマウスポインターを動かすことができなくなる、マウスアップ(指先が非接触タッチパネルから離れる)では1から9の番号が振り分けられているマスを1から順番にタップした際に番号が消える。

実施者の合図でタスクを開始し、1から番号を順番にタップして9の番号をタップし、タスク画面上から数字がなくなった時点でタスクの終了とする。タスク時間は1の番号をタップしてから9の番号をタップし終えるまでとする。

3.2 実験手順

非接触タッチパネルの光フィードバックによる操作性を明らかにするための実験手順を下記に示す。練習、本番では画面の1から9の番号をタップするタス

クを行い、本番時における指先の移動のデータを記録する。

試行順序を考慮し、実験参加者番号が奇数の人は光フィードバックなしから、偶数の人は光フィードバックありからとした。タスクは実施者の合図で開始し、実験参加者はタスク画面上の1から9の番号を順番にタップする操作を行う。

- 手順 1. 実施者は試作した透析患者向けベッドに使用している Remote Touch Panel のカーソル移動とタップ操作についての説明を行う。
- 手順 2. 実験参加者はベッドに仰向けの姿勢になり Remote Touch Panel を利用し、非接触操作におけるカーソル移動、タップ操作を体験する。
- 手順 3. 実験参加者はタスクについてと、練習、本番それぞれでタスクを実施することの説明を受ける。
- 手順 4. 実験参加者は練習を行い、終了後、非接触タッチパネルの位置をタップしやすい高さ調整する。
- 手順 5. 実験参加者は調整後、もう一度練習を行い、非接触タッチパネルの位置、操作に慣れるまで繰り返し練習を行う。(最大 5 回)
- 手順 6. 実験参加者は本番として 1 から 9 の番号をタップするタスクを行う。
- 手順 7. 実験参加者は光フィードバックの有無に関するアンケートに答える。アンケートの質問項目を以下に示す。
- A) 画面の見やすさ
(1 [視認しにくい]~5[視認しやすい])
 - B) ポインターの見やすさ
(1 [視認しにくい]~5[視認しやすい])
 - C) ポインターの動かしやすさ
(1 [動かしにくい]~5[動かしやすい])
 - D) タップのしやすさ
(1 [タップしにくい]~5[タップしやすい])
 - E) 疲れやすさ
(1 [疲れやすい]~5[疲れにくい])
- 手順 8. 実験参加者は光フィードバックなし、ありを入れ替えて 2-6 の手順をもう一度行った後、光フィードバックの必要性に関するアンケートに回答する。

4. 光フィードバックによる操作性のアンケート評価

本研究では、実験中に実施した光フィードバックの有無に関するアンケート、光フィードバックの必要性に関するアンケートについてそれぞれ結果をまとめた。

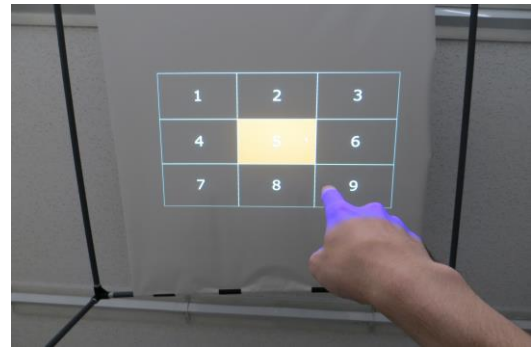


図 4 タスク画面

表 1 光フィードバックの有無によるアンケート評価

	光フィードバックなし			光フィードバックあり		
	中央値	平均	標準偏差	中央値	平均	標準偏差
A)	5	4.65	0.563	5	4.65	0.563
B)	5	4.45	0.663	5	4.55	0.583
C)	3	3.10	0.833	3	3.35	0.785
D)	4	3.90	0.950	4	4.25	0.825
E)	3	3.15	1.166	3	3.15	1.082

表 2 光フィードバックの必要性に関するアンケート

	光フィードバックなし(人)	光フィードバックあり(人)
調整時	2	18
操作時	5	15

表 1 に光フィードバックの有無によるアンケート評価平均を示す。アンケートでは、A)画面の見やすさ、B)ポインターの見やすさ、C)ポインターの動かしやすさ、D)タップのしやすさ、E)疲れやすさについて 1~5 の 5 段階評価を実施した。「画面の見やすさ」「疲れやすさ」では光フィードバックなしの場合と光フィードバックありの場合で同値となり、差が見られなかった。「ポインターの見やすさ」「ポインターの動かしやすさ」「タップのしやすさ」では光フィードバックありの場合の評価が高い結果となった。

表 2 に光フィードバックの必要性に関するアンケート評価の結果を示す。調整時は非接触タッチパネルの高さを調整して決める際に光フィードバックが必要であるか、操作時はタスク中に操作する際に光フィードバックが必要であるかをアンケートにより回答した結果である。調整時では、光フィードバックなしを選んだ実験参加者が 2 人、光フィードバックありを選んだ実験参加者が 18 人となった。また操作時では、光フィードバックなしを選んだ実験参加者が 5 人、光フィードバックありを選んだ実験参加者が 15 人であった。操作時、調整時ともに光フィードバックありの場合の方が選択した実験参加者が多い結果となった。

光フィードバックありからの場合、調整時に非接触タッチパネルに慣れる可能性があるため操作時には必要ないと回答した人数が多くなった。

5. 光フィードバックによる操作性の考察

アンケート評価が光フィードバックありの場合の方が高かった要因を明らかにするために、1回目と2回目の本番データを対象として、それぞれ光フィードバックなしの場合、光フィードバックありの場合の実験結果をまとめた。表3に1回目の光フィードバックなしの場合とありの場合の実験結果、表4に2回目の光フィードバックなしの場合とありの場合の実験結果を示す。

5. 1 1回目の光フィードバックの有無の比較

表3に1回目の光フィードバックなしの場合とありの場合のタスク時間、タスク画面上で認識されたタップ回数、それぞれの中央値、平均、標準偏差を示す。1回目の光フィードバックなしの場合とありの場合の実験結果では、タスク時間、タップ回数については、使用したセンサーがタスク中に手を上手く認識することができていない時間帯があるため、標準偏差が大きくなっている。そのため、タスク時間、タップ回数、は中央値を用いて光フィードバックなしの場合とありの場合の比較を行う。タスク時間の中央値は光フィードバックなしの場合が114.621秒、光フィードバックありの場合が13.689秒であり、光フィードバックありの場合のタスク時間が短いことが明らかとなった。画面上で認識されたタップ回数の中央値は、光フィードバックなしの場合が10.0回、光フィードバックありの場合が9.0回で光フィードバックありの場合のタップ回数が少ないことが分かった。タップするパネル数が9枚であることから、光フィードバックありの場合のタップ回数の中央値9.0回はタップミスがなかったことを明らかにしている。

5. 2 1回目と2回目の比較

表4に2回目の光フィードバックなしの場合とありの場合のタスク時間、タスク画面上で認識されたタップ回数、それぞれの中央値、平均、標準偏差を示す。2回目の光フィードバックなしの場合とありの場合の実験結果を用いて、光フィードバック（1回目なし、2回目あり）と光フィードバック（1回目あり、2回目なし）についてそれぞれ比較する。

光フィードバック（1回目なし、2回目あり）のタスク時間の中央値は1回目の光フィードバックなしが14.621秒、2回目の光フィードバックありが21.008秒であり、2回目の光フィードバックありの場合のタスク時間が長いことが明らかとなった。画面上で認識

表3 1回目光フィードバックの有無による操作性の実験結果

	光フィードバックなし		光フィードバックあり	
	タスク時間(秒)	タップ回数(回)	タスク時間(秒)	タップ回数(回)
中央値	14.621	10.0	13.689	9.0
平均	16.377	10.9	21.832	12.2
標準偏差	5.997×10^{-5}	1.7	3.217×10^{-4}	6.925

表4 2回目の光フィードバックの有無による操作性の実験結果

	光フィードバック 1回目なし, 2回目あり		光フィードバック 1回目あり, 2回目なし	
	タスク時間(秒)	タップ回数(回)	タスク時間(秒)	タップ回数(回)
中央値	21.008	10.5	11.756	9.0
平均	25.661	12.2	27.975	11.7
標準偏差	1.513×10^{-4}	4.261	4.181×10^{-4}	5.622

されたタップの回数の中央値は、1回目の光フィードバックなしが10.0回、2回目の光フィードバックありが10.5回であり、光フィードバックありの場合のタップ回数が増えていることが明らかとなった。

光フィードバック（1回目なし、2回目あり）の比較では、2回目の光フィードバックありにおいて、タスク時間の中央値は遅く、タップ回数の中央値が増えている。その要因として、光フィードバックありの非接触タッチパネルにおける操作は初めてでまだ非接触タッチパネルに慣れることができていなかったためと考えられる。

光フィードバック（1回目あり、2回目なし）のタスク時間の中央値は1回目の光フィードバックありが13.689秒、2回目の光フィードバックなしが11.756秒であり、1回目の光フィードバックありの場合が長いことが明らかとなった。画面上で認識されたタップの回数の中央値は、1回目の光フィードバックありが9.0回、2回目の光フィードバックなしが9.0回であり、変わらないことが分かった。これらの結果から、1回目に光フィードバックありからタスクを行った場合は2回目に光フィードバックなしの場合でタスクを実施した際にも、タップミスがなかったことを明らかにした。

特に、タップミスがなかった点から、光フィードバックありの非接触タッチパネルを経験することによって非接触タッチパネルの操作に慣れることができていると考えられる。

5. 3 パネル毎のタップの深さの分析

1 回目の光フィードバックなしの場合、光フィードバックありの場合でのタスクにおけるマス毎のタップした際のタッチパネルに対する深さに着目した。マス毎の非接触タッチパネルに対する深さの平均値を表 5、表 6 に示す。表 5、表 6 とともに左列 (1,4,7) が最も非接触タッチパネルに対する侵入距離が浅くなる結果であった。右手で操作を行っているため、左列から右列にかけて腕が体に対して垂直になり非接触タッチパネルに対する深さが大きくなったと考えられる。

光フィードバックありの場合にはなしの場合に比べてタスク時間や非接触タッチパネルに対する深さへの効果は小さいが、操作時には光フィードバックは必ずしも必要ではなく、非接触タッチパネルに慣れるまでの支援としての利用が考えられる。

非接触タッチパネルの高さを調整する際には光フィードバックは必要だが、操作時には光フィードバックは必ずしも必要ではなく、非接触タッチパネルに慣れるまでの支援としての利用が考えられる。

6. まとめ

本研究では、透析患者向けベッドの現状と求められる要件をもとに天井ディスプレイを設置し、それに対して非接触操作可能な透析患者向けベッドを試作した。天井ディスプレイはペーパースクリーンとプロジェクターで実現している。また、非接触操作 **Remote Touch Panel** を用いており、非接触操作可能なタッチパネルであるが、視認することができない問題がある。

本研究では、非接触タッチパネルの可視化手法として、光によるフィードバック (以下、光フィードバック) を提案する。光フィードバックとは非接触タッチパネルの位置に光を照射し、光に指が触れることで非接触タッチパネルを可視化する。光フィードバックの有無による操作性を評価するために光フィードバックによる操作評価実験を実施した。

光フィードバックの必要性に関するアンケートでは、非接触タッチパネル位置の調整時、操作時ともに光フィードバックありを選択する実験参加者が多い結果となった。また実験の結果、光フィードバック (1 回目あり、2 回目なし) の場合は、1 回目ありと 2 回目なしともに、タップ回数中央値が 9.0 回とタップミスがなかった点から、非接触タッチパネルの操作に慣れることが可能と考えられる。

表 5 光フィードバックなし条件の結果
(上段：マス番号，下段：深さ)

1 -27.275	2 -33.249	3 -35.627
4 -31.179	5 -38.630	6 -34.781
7 -23.134	8 -34.904	9 -52.800

表 6 光フィードバックあり条件の結果
(上段：マス番号，下段：深さ)

1 -14.163	2 -24.756	3 -28.092
4 -13.485	5 -31.443	6 -43.663
7 -18.508	8 -36.317	9 -45.490

謝辞

本研究は古川技術振興財団および、電気通信普及財団の 2020 年度研究調査助成により実施いたしました、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 厚生労働省. “働き方改革 ～ 一億総活躍社会の実現に向けて ～”.
<https://www.mhlw.go.jp/content/000335765.pdf>, (参照 2019-10-21).
- [2] 厚生労働省. “糖尿病性腎症重症化予防の取り組みについて”.
https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12600000-Seisakutoukatsukan/0000114064_13.pdf, (参照 2019-10-21).
- [3] 一般社団法人日本透析医学会. 維持血液透析ガイドライン:血液透析処方. 日本透析医学会雑誌, 2013,46 巻, 7 号, pp. 587-632.
- [4] 武田祐樹, 横山大知, 中道上, 稲葉利江子, 渡辺恵太, 山田俊哉, “透析患者向けベッドにおける仮想タッチパネルの可視化手法の検討,” インタラクシオン 2019 論文集, pp658-663, 2019.
- [5] 木戸瑛一, 天早健太, 杉原慶哉, 中道上, 渡辺恵太, “車内システムにおける非接触操作に対する慣れの検証,” インタラクシオン 2018 論文集, pp191-196, 2018.
- [6] 中村薫, “Leap Motion プログラミングガイド,” 株式会社工学, 2015.