

Remote Touch Panel: 大画面における直観的なタップジェスチャー

天早健太^{†1} 木戸瑛一^{†2} 杉原慶哉^{†1} 中道上^{†2} 渡辺恵太^{†3} 山田俊哉^{†4}

概要: 本研究では、大画面に対してユーザーによる直観的な操作を実現するため、すでに浸透しているタッチパネルのような操作方法であるタッチジェスチャーに着目した。タブレット端末のように操作が可能な Remote Touch Panel を提案し、タッチ操作のユーザビリティ評価を行った。その結果、慣れの評価が高く、ミス回数が少なかった。またアンケートの結果、「効率の良さ」「エラーの少なさ」「主観的な満足度」において評価が高いという結果になった。

Remote Touch Panel: Intuitive Tap Gesture for Large Screen

KENTA AMAHAYA^{†1} EIICHI KIDO^{†2} KEIYA SUGIHARA^{†1}
NOBORU NAKAMICHI^{†2} KEITA WATANABE^{†3} TOSHIYA YAMADA^{†4}

Abstract: Our goal is to realize intuitive operation for a large screen. We focused on tap gesture which is a popular operation to a touch panel. And we proposed Remote Touch Panel like a virtual tablet device for a large screen. From usability evaluation result, Learning Evaluation Value is high and mistake times are low in proposal equipment. And from questionnaire results, evaluation of proposal equipment is high in Efficiency, Errors, and Satisfaction.

1. はじめに

離れた位置にある画面に対してのインタラクションとして近年、医療から教育に至るまで様々な分野で非接触操作の研究が提案されている。例えば、医療分野であれば医療現場の院内案内システムや CT・MRI などで撮影された画像を閲覧する医療従事者向けシステムに適用されている [1]。非接触操作技術を導入することによって画面やキーボードへの直接接触を避けることができ、院内感染の危険性を回避することが考慮できるとされている。このように離れた位置にある画面に対してのインタラクションは様々な場面での導入が期待されている。教育分野では、ジェスチャーによるマウスカーソルの移動を利用したポインティングシステムとして Remote Touch Pointing の研究が進められている [2]。Remote Touch Pointing は体の一部を基点、操作点とし 2 つの延長線上をポインティング位置としてマウスカーソルを表示する。そのため、直観的なポインティングを行うことが可能であるとされている。

本研究では、大画面に対してユーザーによる直観的な操作を実現するため、すでに浸透しているタッチパネルのような操作方法であるタッチジェスチャーに着目した。タブレット端末のように大画面に対して操作が可能な Remote Touch Panel を提案する [3]。本論文では、タッチパネル操作のうち最も利用されるジェスチャーである Tap 操作に着目

し、ユーザビリティを評価するための実験を行った。

2. Remote Touch Panel

Remote Touch Panel は離れた位置にある画面へのタブレットのようなジェスチャー操作を想定した仮想的なタッチパネルシステムである。プレゼンテーションの際、発表者にとってスクリーンの大きさはタブレット端末のサイズと同じ大きさを感じられる。例えば、縦 1.4m、横 1.8m のスクリーンに対して 3.0m 離れた発表者が、手の届く範囲 0.3m の位置で操作しようとする場合、スクリーンは縦 0.14m、横 0.18m の大きさに感じる。そのためタブレット端末と同じような感覚で操作することができることを目的とした、仮想的なタッチパネルシステムのことを本研究では Remote Touch Panel と命名する。

Remote Touch Panel は指さしジェスチャーによるポインティングシステムと選択位置を選択する操作を可能にする操作インターフェースから構成される。図 1 に Remote Touch Panel の使用例を示す。指さしジェスチャーによるポインティングシステムには Remote Touch Pointing を用いることで、ポインティングする際にポインティングデバイスを用いることなく操作を行うことが可能となる。仮想タッチパネルの位置は操作者が自由に設定することが可能である。本研究では、仮想タッチパネルの位置を操作者が手の届く範囲として想定し、実験を行った。

^{†1} 福山大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Fukuyama University.

^{†2} 福山大学工学部
Fukuyama University

^{†3} 株式会社 DNP デジタルソリューションズ
DNP Digital Solutions Co., Ltd

^{†4} NTT テクノクロス株式会社
NTT TechnoCross Corporation

4. 非接触 tap 操作における慣れの比較

本研究では、提案手法である Remote Touch Panel と非接触でタブレットのような直観的な入力操作が可能とされている 2 手法の関連技術のユーザビリティを比較し評価するために実験を実施した。まず、はじめにユーザーにおける 3 手法の操作の慣れやすさを計測するために事前実験を実施した。図 3 に事前実験で使用したタスクを示す。事前実験で使用したタスクは、ボタン押し課題[10]と呼ばれるタスクを利用し、画面に映し出された 1~2 の数値を順番にタップする課題を行った。実験協力者は非接触でのジェスチャー操作を体験したことがない大学生 13 名である。

4.1 節では本研究における実験環境を説明する。4.2 節ではユーザーにおける 3 手法の操作の慣れやすさの記録実験における実験手順を説明する。また、4.3 節では実験で記録したインタビュー結果について整理する。

4.1 実験環境

図 4 に実験環境を示す。本研究の実験は縦：8.9m、横：7.0m、高さ 3.5m の空間で実験を行った。また、本研究で利用した実験機材を下記に示す。

- Xbox One Kinect センサー
- Sound Link Bluetooth speaker III
- Projector : 型番 EB-1725

ユーザーの立ち位置によっては、Kinect が検出できない場合があるため、ユーザーを検出しやすいエリアを目安として、明示するために Kinect から前方 2.4m の位置に縦 1.0m、横 1.0m のタイルを設置した。実験協力者は操作中、必ずタイル内で操作を行うように指示をした。

また、操作時に操作の状態を通知するために視覚と音によるフィードバックをユーザーに対して返すように設定した。表 2 に 3 手法の操作の Mouse Event にあたる操作の有無を示す。本研究での Mouse Event にあたる操作は「Mouse over」、「Mouse down」と「Mouse up」の 3 種類存在する。「Mouse over」はマウスポインタが要素に乗った時に発生するイベントである。「Mouse down」はマウスボタンが押されたときに発生するイベントである。「Mouse up」はマウスボタンが離された時に発生するイベントである。

本研究では、表 2 で整理した Mouse Event にあたる操作の有無と普段利用されている PC、タブレット端末の操作状態におけるフィードバックを参考に視覚と音によるフィードバックを設定した。3 手法における操作状態は「pointing」「tap 中」「tap 終わり」の 3 種類存在する。「pointing」はマウスカーソルを対象物に向かって動かし、対象物に重ねる操作状態である。「tap 中」はマウスカーソル上にある対象物に対して押し込んでいる操作状態である。「tap 終わり」は「タップ中」の操作状態後に、対象物に対して離す操作状態である。

表 3 に 3 手法の視覚によるフィードバックの有無を、表

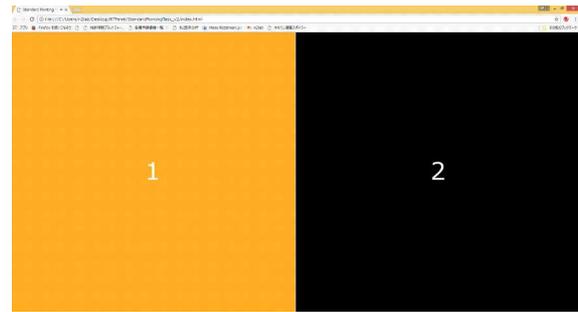


図 3 2 面ボタン押し課題

Figure 3 Button-Press Task of 2 tiles.

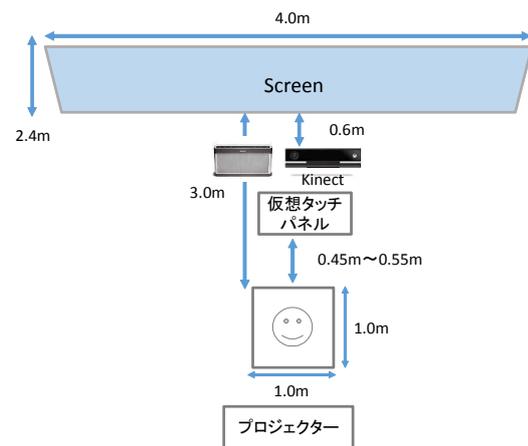


図 4 実験環境

Figure 4 Layout of Experimental Equipment.

表 2 Mouse Event にあたる操作の有無

Table 2 tap operations correspond to Mouse Event.

Mouse Event	Remote Touch Panel	Waiting	Snap
Mouse over	○	○	○
Mouse down	○	-	○
Mouse up	○	-	-

表 3 視覚によるフィードバックの有無

Table 3 Visual feedback in operation state.

操作状態	Remote Touch Panel	Waiting	Snap
Pointing	○	○	○
tap 中	○	○	-
tap 終わり	○	○	○

表 4 音によるフィードバックの有無

Table 4 Sound feedback in operation state.

操作状態	Remote Touch Panel	Waiting	Snap
Pointing	-	-	-
tap 中	○	-	-
tap 終わり	○	○	○

4に3手法の音によるフィードバックの有無を示す。

視覚的なフィードバックは「pointing」の操作状態の時に返されるマウスカーソルが移動するフィードバック、「tap中」の操作状態の時に返されるタイルの箇所が黒色からオレンジ色に変化するフィードバックと「tap 終わり」の操作状態の時に返される tap したタイルの箇所が正しい場合は数値が消えるフィードバックの3種類設定した。

音によるフィードバックは、「tap 中」の操作状態の時に返される 120Hz の連続音声、「tap 終わり」の操作状態の時に返される 400Hz の搬送波を流すフィードバックの2種類設定した。

4.2 実験手順

実験では、実験者がランダムに提示した3手法のいずれか一つを実験協力者が体験し、1タスク終了ごとにインタビューを行った。インタビューでは「操作方法に慣れましたか?」と実験協力者に質問をした。この項目に対して「慣れていない(1)～慣れた(5)」の5段階評価のいずれかで回答するように指示した。インタビュー後に、実験協力者が回答したインタビューの項目を確認し、「慣れた」以外の回答を行った場合は繰り返しタスク課題を実施した。

本研究の実験では、実験協力者の体調を考慮し、実験協力者がタスクの課題終了後のインタビュー項目で「慣れた」を回答すると課題を終了とする。また、インタビュー項目で「慣れた」以外の項目を回答した場合はタスク課題を最大5回まで繰り返し行い、その時点でタスク課題を終了する。タスク課題の終了条件については実験協力者に説明せず実験を行った。実験では実験協力者の試行回数ごとの3手法の評価値を記録した。また、タスク課題を5回未満で終了した場合は、その後のタスク課題では常に一定で「慣れた」を回答すると仮定し記録した。

4.3 実験結果

実験で記録した3手法の試行回数ごとの評価項目の人数を整理し、評価値の平均を分析しまとめた。表5に3手法の試行回数ごとの評価値の平均を示す。また、表5の評価値の平均をグラフで可視化したものを図5の3手法の慣れの過程の平均値に示す。

実験の結果、試行回数1,2回目ではSnapの評価が最も高く、5段階の評価値の平均が1回目で2.92,2回目で4.00であった。試行回数3回目では提案手法の評価が最も高く、5段階の評価値の平均が4.62であった。試行回数4,5回目では提案手法とSnapの評価が同一で最も高く、5段階の評価値の平均が4.62であった。これらの結果から、提案手法とSnapは操作の慣れやすさの評価において最も評価が良いことが分かった。

5. 非接触 tap 操作のユーザビリティ評価

本実験では、提案手法である Remote Touch Panel と非接触でタブレット端末のような直観的な入力操作が可能とさ

表 5 試行回数ごとの慣れの評価値の平均

Table 5 Averages of Learning Evaluation Values in every Trial.

試行回数	Remote Touch Panel	Waiting	Snap
1 回目	2.85	2.62	2.92
2 回目	3.62	3.23	4.00
3 回目	4.46	3.69	4.15
4 回目	4.62	3.69	4.62
5 回目	4.69	3.85	4.69



図 5 慣れの過程の平均値

Figure 5 Learning Process based Average Values.

れている2手法の関連技術のユーザビリティを比較し評価するために実験を実施し、定性的評価、定量的評価を行った。

非接触 tap 操作における慣れの比較の実験に協力して頂いた実験協力者13名を対象に3手法におけるユーザビリティを比較する実験を実施した。図6に実験の様子を示す。実験で使用したタスクは、事前実験で利用したボタン押し課題のタスクを利用した。

タスクは事前実験とは異なりタスクのタイル数を増やし、画面に映し出された1~9の数値を順番にタップする9面のボタン押し課題を行った。操作する際に返される視覚と音によるフィードバックは慣れの比較実験と変わらないものとする。また、実験協力者の体調を考慮するために事前実験から1日以上空けて実験を実施した。

5.1節では本実験における実験手順を説明する。5.2節ではユーザビリティの定義について説明する。5.3節ではユーザビリティの定義に基づいて作成したアンケートによる定性的評価について説明する。また、5.4節では実験で記録した操作時間、操作ミス回数による定量的評価について説明する。

5.1 実験手順

実験では、実験者がランダムに提示した3手法の操作の内の1つの操作手法でタスク課題を実行する。このタスクを3手法の操作で1回ずつ行い、タスク課題が全て終了後に3手法の操作のユーザビリティを定性的に評価するため

にアンケートの回答を行った。実験ではタスク課題中の「操作時間」と「操作ミス回数」の計測とアンケートによる定性的評価を記録した。本実験では「操作時間」を実験協力が者がタスク課題開始後に最初にタップ操作した時間から最後のタイルをタップ操作するまでの時間とする。また、「操作ミス回数」は数値の押し間違いや連続で同じタイルの箇所をタップ操作行った回数とする。

5.2 ユーザビリティの定義

本研究ではシステムの使いやすさを評価するユーザビリティの定義[11]として Jakob Nielsen によるユーザビリティの定義を利用した。ユーザビリティを構成する要素は学習のしやすさ(Learnability), 効率性(Efficiency), 記憶のしやすさ(Memorability), エラー(Errors), 主観的な満足度(Satisfaction)の5つである。「学習のしやすさ」では、ユーザーがすぐに使い始められるよう、簡単に学習できるようにしなければならないと定義されている。「効率性」では、一度学習すれば、あとは高い生産性を挙げられるよう、効率的に使用できるものでなければならないと定義されている。「記憶のしやすさ」では、ユーザーがしばらく使わなくても、また使うときにすぐに使えるよう覚えやすくしなければならないと定義されている。「エラー」では、エラーの発生率を低くし、エラーが起こっても回復できるようにし、かつ致命的なエラーが起こってはならないと定義されている。「主観的な満足度」ではユーザーが個人的に満足できるよう、また好きになるよう、楽しく利用できなければならないと定義されている。本実験で実験協力が者が回答したアンケートはこのユーザビリティの定義をもとに作成した。

5.3 操作時間と操作ミス回数の比較

実験で記録した実験協力が者によるタスク課題での操作ミス回数と操作時間全体の平均の結果を表6に示す。実験の結果、「操作時間」では Waiting の12秒が最も評価が良かった。続いて、提案手法の27秒が第2位という結果になった。また、「操作ミス回数」では提案手法の0.62回が最も評価が良かった。続いて、Waiting の6.85回が第2位という結果になった。

操作時間と操作ミス回数について3手法の差が統計的にあるか T 検定を行った結果、「操作時間」では提案手法と Waiting, Waiting と Snap に有意な差があった。また、「操作ミス回数」では提案手法と Waiting, 提案手法と Snap に有意な差があった。

5.4 アンケートによるユーザビリティ評価

実験終了後、実験協力が者には3手法の操作について「学びやすさ 1[難しい]~5[易しい]」、「効率の良さ 1[悪い]~5[良い]」、「記憶のしやすさ 1[難しい]~5[易しい]」、「エラーの少なさ 1[多い]~5[少ない]」、「主観的な満足度 1[嫌い]~5[好き]」の項目について5段階評価を行い、それぞれの項目に対して3手法の操作で順位付けについて回答を行った。アンケートの平均の結果を表7に示す。

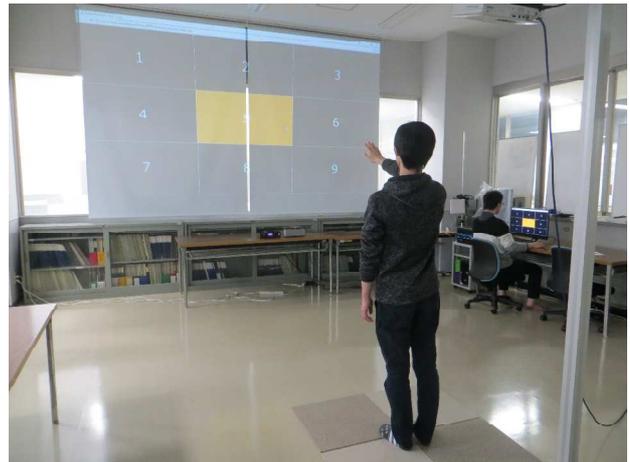


図6 9面のボタン押し課題における実験風景

Figure 6 Experimental View.

表6 操作時間と操作ミス回数の結果

Table 6 Results of Operation Times and Mistake times.

	Remote Touch Panel	Waiting	Snap
操作時間[秒] (順位)	27 (2)	12 (1)	45 (3)
操作ミス回数[回] (順位)	0.62 (1)	6.85 (2)	9.15 (3)

表7 アンケートに基づくユーザビリティ評価の結果

Table 7 Results of usability evaluation based

Questionnaire .

	Remote Touch Panel	Waiting	Snap
学びやすさ (順位)	4.00 (2)	3.77 (3)	4.15 (1)
効率の良さ (順位)	4.23 (1)	2.69 (3)	4.00 (2)
記憶のしやすさ (順位)	3.85 (3)	4.15 (1)	4.08 (2)
エラーの少なさ (順位)	4.38 (1)	2.31 (3)	3.31 (2)
主観的な満足度 (順位)	4.54 (1)	2.69 (3)	3.92 (2)

この結果、「学びやすさ」の項目では Snap の4.15が最も評価が高かった。続いて、提案手法の4.00が第2位という結果になった。「効率の良さ」の項目では提案手法の4.23が最も評価が高かった。続いて、Snap の4.00が第2位という結果になった。「記憶のしやすさ」の項目では Waiting の4.15が最も評価が高かった。続いて、Snap の4.08が第2位という結果になった。「エラーの少なさ」の項目では提案手法の4.38が最も評価が高かった。続いて、Snap の3.31が第2位という結果になった。「主観的な満足度」の項目では提案手法の4.54が最も評価が高かった。続いて、Snap の3.92が第2位という結果になった。

また、アンケート項目それぞれについて3手法の差が統

計的にあるか T 検定を行った結果、「学びやすさ」では 3 手法それぞれの間には統計的な差がなかった。「効率の良さ」では提案手法と Waiting, Waiting と Snap の間には有意な差があった。「記憶のしやすさ」では 3 手法の間には統計的な差がなかった。「エラーの少なさ」では提案手法と Waiting, 提案手法と Snap の間に有意な差があった。「主観的な満足度」では 3 手法の間全てに統計的な有意な差があることが分かった。

6. 考察

評価実験の結果から、提案手法である Remote Touch Panel は「効率の良さ」「エラーの少なさ」「主観的な満足度」の評価が高いことが分かった。ユーザビリティの観点から提案手法とその他の 2 手法の違いについて検討し、提案手法のユーザビリティの特性について考察する。

効率性では、アンケートの効率の良さの結果から提案手法と Snap の評価が良かった。また、操作時間の分析結果でも提案手法と Snap の評価が良かったのに対して、操作ミス回数の分析結果では提案手法の評価が最も良く、提案手法とその他 2 手法の間には統計的な有意な差があった。このことから、操作ミスが少なく安定した操作が可能な提案手法が効率性では評価が良いことが考えられる。

エラーでは、操作ミス回数の分析結果から提案手法の評価が最も良く、その他の 2 手法の間には統計的な有意な差があった。また、アンケートでも同様な結果が得られた。

提案手法の評価が最も良かった要因としては提案手法の操作が Mouse Event に適したフィードバックが全て返されるため他の 2 手法に比べて、tap 動作が分かりやすいことが考えられる。

主観的な満足度の観点では、アンケートの分析結果から提案手法の評価が最も良く、その他の 2 手法の間には統計的に有意な差があった。また、実験協力者から頂いたコメントから「タッチしている感覚が一番あった」また「Snap よりも腕が疲れず、Waiting よりもタップがしやすい」というコメントが多く上がった。このような結果になった要因として、Waiting の操作は 0.3 秒静止させるごとにタップしてしまいユーザー自身のタイミングでの操作が難しい。また、Snap は腕の上下運動が大きいことと、Mouse Event の Mouse up の操作が無いため一般的に使用されるタブレット端末の操作とは異なるため操作が難しく感じることが考えられる。

7. まとめと今後の課題

本研究では大画面に対してユーザーが直観的な操作を実現するため、すでに浸透しているタッチパネルのような操作方法であるタッチジェスチャーに着目し、大画面に対してタブレット端末のような操作が可能な Remote Touch Panel を提案した。本論文では、タッチパネル操作の内、最

も利用されるジェスチャーである Tap 操作に着目し、提案手法と非接触操作時に利用される 2 つの関連技術のユーザビリティを評価するために実験を行った。実験の結果、提案手法である Remote Touch Panel をユーザビリティの観点から、「効率の良さ」「エラーの少なさ」「主観的な満足度」において評価が高いという結果になった。

今後は、「学習のしやすさ」、「記憶のしやすさ」の向上が必要であると考えられる。具体的には、ジェスチャー入力の指示に対しての解釈が人によって異なるため、ジェスチャー入力の「正しい方法」をユーザーに対して教唆することは難しいとされていることから、直接の使い方の説明なしに利用可能なインターフェースの提供による学習しやすさの向上[12]や tap 操作時に音や振動による押下感の提示による記憶のしやすさの向上が挙げられる[13]。

謝辞 本研究は日本学術振興会の科学研究費補助金（若手研究（B）15K16108）の助成により実施しました。厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] “フィンガージェスチャー”. <http://www.nec-solutioninnovators.co.jp/sl/finger/>, (参照 2017-12-25).
- [2] 渡辺恵太, 他. プレゼンテーションのための直観的なポインティングシステム. HCG シンポジウム 2014 論文集, 2014, p545-552.
- [3] 天早健太, 他. アイコン変化によるフィードバックが得やすい非接触操作の比較. Human Interface2017, 2017, p341-344.
- [4] “Kinect センサー”. <https://www.xbox.com/ja-JP/xbox-one/accessories/kinect>, (参照 2017-12-25).
- [5] “Microsoft Office”. <https://office.microsoft.com/ja-jp/>, (参照 2016-02-20).
- [6] “Apple: iOS Human Interface Guidelines”, 2016-12-02.
- [7] “Google: Google Material Design”, 2016-12-02.
- [8] 中村: Leap Motion プログラミングガイド, 株式会社工学者 2015.
- [9] 村田 和義. ハンドジェスチャーを用いたオブジェクト選択における許容可能な滞留時間の検討. Human Interface2017, 2017, p489-495.
- [10] 坂田正伸, 他. 順序学習を利用した手続き記憶に関する心理学的研究. 日本心理学会第 71 大会, 2007.
- [11] “ユーザビリティの定義”. <https://cont-hub.com/blog/02/344/>, (参照 2017-12-25)
- [12] 小川正幹, 他. 公共メディアへのジェスチャー入力のためのユーザーに対する操作指示手法. 情報処理学会論文誌, 2015, vol.56.
- [13] 木村朝子, 他. 効果音によるタッチセンサへの押下感提示の研究. 情報処理学会 研究報告, 2007.