

大画面を利用した講義における 直感的なポインティング手法の提案と評価

渡辺恵太^{†1} 中道上^{†1} 山田俊哉^{†2} 尾関孝史^{†1}

教育分野において、大画面を利用したプレゼンテーションが広く行われている。本研究では直観的に大画面をポインティング可能な Remote Touch Pointing を提案する。一般的に用いられている指示棒、レーザーポインタ、マウスとの比較実験を行った結果、Remote Touch Pointing は聴講者にとってポインティング動作が直感的に理解でき、ポインティング位置の把握が容易であることがわかった。しかし発表者にとってはポインティング位置に少量のぶれが生じるため、操作が難しい点が今後の課題として挙げられる。

Proposal and Evaluation of Techniques Pointing Intuitive in Lecture Using the Big Screen

KEITA WATANABE^{†1} NOBORU NAKAMICHI^{†1}
TOSHIYA YAMADA^{†2} TAKASHI OZEKI^{†1}

In education, presentation is generally performed using a large screen. In this research, we propose remote touch pointing in which intuitive pointing is possible in a large screen. We experimented in order to compare the performance of a pointer, a laser pointer, a mouse action, and the proposal method. By using remote touch pointing, auditors can understand pointing action intuitively and find a pointing position easily. However, since a pointing position shakes, operation is difficult for presenters.

1. はじめに

現在、大画面なスクリーンを利用したプレゼンテーションが広く行われている。特に教育分野においては、大講義室で多数の学生を相手に PC、プロジェクタを用いてプレゼンテーションを行う機会が増加している。

プレゼンテーションを行う際に、発表者は聴講者に対して説明している箇所を指し示すために、ポインティングデバイスを使用する。主に指示棒やレーザーポインタ、マウス（マウスカーソル）が使用されている。しかし、大画面でプレゼンテーションを行う際に、これらのポインティングデバイスには下記の特徴が挙げられる。指示棒は発表者にとって容易に扱うことが可能であるが、大画面なスクリーンにおいては指示棒の長さが足りず届かない領域があり、聴講者から見ると目的の位置を指せていない場合がある。レーザーポインタは大画面なスクリーンにおいても、発表者はポインティングが容易であるが、聴講者にはポインティング位置の視認性が低い場合が多い。マウスはカーソルがスクリーン上を移動するため、指す位置が聴講者からの視認性が高いが、体の動きと連動していないため聴講者は s ではないと感じる場合がある。

そこで本研究では、大画面スクリーンを用いてプレゼンテーションを行う際に、発表者にとって操作が容易で、聴講者にとって視認性が高く、直感的に理解可能な Remote

Touch Pointing を提案する。Remote Touch Pointing と他のポインティングデバイスの、聴講者におけるポインティング位置の視認性、ポインティング動作の直感性、発表者におけるポインティング操作の操作性を比較評価するための実験、分析を行った。実験の結果、Remote Touch Pointing は聴講者の評価は高いが、発表者にとって操作性が低いことがわかった。

2. Remote Touch Pointing

Remote Touch Pointing は、プロジェクタなどの大画面スクリーンを利用した際に、体の一部を基点、操作点とし、その延長線上をポインティングするポインティング手法である。本手法では身体の一部（両肩の中心など）を基点座標、操作する箇所（手など）を操作点座標、その延長線上とスクリーンとの交点をポインタ座標としてマウスカーソルといったポインタを表示する。そのためユーザー自身がポインティングデバイスを用いる必要はない。

図 1 に試作した Remote Touch Pointing の利用時の一例を示す。図 1 の利用例では、両肩の中心を基点座標、右手を操作点座標に設定した場合の Remote Touch Pointing の一例を示している。

Remote Touch Pointing は基点と操作点の延長線上をポインティングするため、大画面なスクリーンにおいても目的の位置を容易にポインティングすることが可能となる。また、聴講者から見て絶対的なポインティング位置であり、聴講者と同じ画面を見ながら直感的な操作を行うことができる。

^{†1} 福山大学
Fukuyama University.
^{†2} NTT アイティ株式会社
NTT IT Corporation.

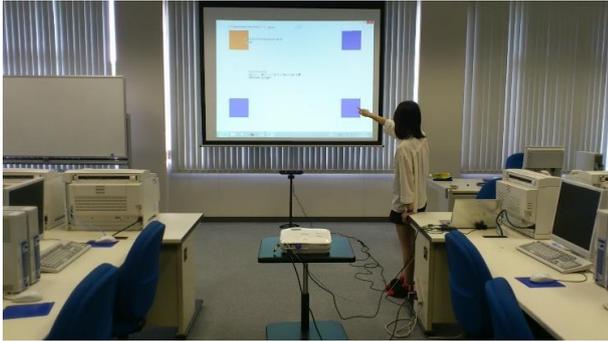


図 1 Remote Touch Pointing
Figure 1 Remote Touch Pointing.

3. 関連研究

本研究に近い研究として赤外線反射光を用いたポインティングデバイス[1]がある。この手法では、赤外線を発表者に向けて照射する。発表者の指には赤外線反射シートが装着されており、赤外線の反射光からスクリーン上の指の位置を検出し、指の位置にカーソルを移動する。赤外線投光機からの相対的なポインティングを行うため、大画面なスクリーンでは目的の位置をポインティングすることは困難である。

また、視線位置と手の動きを用いたポインティング手法[2]が研究されている。この手法では視線位置を基に大まかな範囲を決定し、手の動きでポインティング位置を微調整する。発表者の視線に対し相対的にポインティングするため、聴講者には発表者の動きとポインティング位置の連動が見られないため、ポインティング動作の直感性が低くなる可能性がある。

人やペンのシルエットをスクリーンに投影し、ポインティング位置を視覚的に表現する研究がある[3][4]。これらの手法は大画面なスクリーンにおいても的確な位置を指し示すことが可能であるが、発表者は PC の画面を見て操作を行う必要がある。そのため、聴講者の方向に向けたジェスチャと、画面内の操作が連動していない場合があり、直感的ではない可能性がある。

4. 評価実験

教育分野における講義では、主に指示棒、レーザーポインタ、マウスの3種類のポインティングデバイスが用いられている。それらのポインティングデバイスおよび Remote Touch Pointing の、聴講者におけるポインティング位置の視認性、ポインティング動作の直感性、また発表者におけるポインティング操作の操作性を比較評価するための実験を行った。

4.1 ポインティングデバイスと実験環境

評価実験で用いた4種類のポインティングデバイスおよび実験環境は以下の通りである。

● ポインティングデバイス：

- 指示棒
- レーザーポインタ（赤色レーザー）
- マウス
 - ◆ PC：SONY VAIO SVT1312AJ, Windows8
- Remote Touch Pointing
 - ◆ PC：SONY VAIO SVT1312AJ, Windows8
 - ◆ Kinect：高さ 60cm
 - ◆ スクリーン：縦 140cm, 横 180cm, 解像度 1024×768
 - ◆ プロジェクタ：製品名 EPSON 1776W, 明るさ 3000lm

4.2 タスク

タスク内容は一般的な視線移動の法則である、Z の法則[5]に基づいて決定した。図2にタスクに使用した画面を示す。

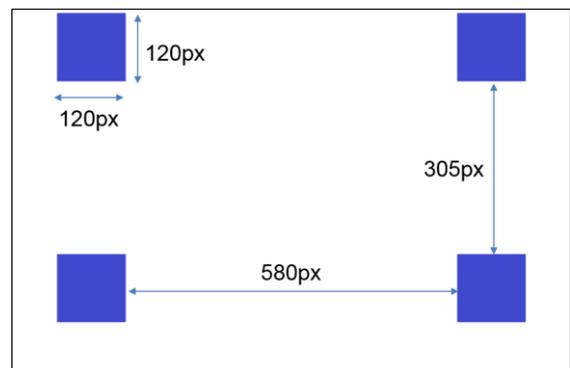


図 2 タスクの図

Figure 2 Image of Task.

スクリーンには左上、右上、左下、右下に計4つの四角を表示する。発表者はポインティングデバイスを使用し、Zの動きで4つの四角を順番に指す。それぞれの四角の大きさは120pxの正方形であり、Windows8のタイルサイズに準拠[6]している。

4.3 事前実験

評価実験に用いる Remote Touch Pointing の基点を決定するための実験を行った。被験者は10名で、全員右利きであった。Remote Touch Pointing は体の一部を基点、操作点とする手法である。人がジェスチャを行う際に手を使用する機会が多いため、操作点は利き手に設定した。基点は体の中心線上にあり、Kinect から関節の座標を得ることが可能な Head, Shoulder Center, Spine, Hip Center の4箇所を基点の候補とした。

被験者が聴講者、発表者の両方を体験し、アンケートによる評価を行った。アンケートの評価項目には基点候補それぞれにおける直感性（体の動作と連動しているか）、操作性（目的の位置を指しやすいか）を設定した。また、評価の方法として5段階の評価と順位付けを設定した。

表 1 直感性のアンケート結果

Table 1 Questionnaire Results of Intuition.

基点	評価値平均	順位平均
Head	2.7	2.5
ShoulderCenter	4.0	1.3
Spine	2.7	2.5
HipCenter	2.1	3.7

表 2 操作性のアンケート結果

Table 2 Questionnaire Results of Operability.

基点	評価値平均	順位平均
Head	2.8	2.6
ShoulderCenter	4.5	1.2
Spine	3.1	2.3
HipCenter	2.1	3.9

実験により被験者が回答したアンケートをもとに直感性の評価結果を表 1, 操作性の評価結果を表 2 に示す. 表 1 より, 直感性は 5 段階評価を平均した順位と順位付け評価を平均した順位が等しい結果となり, **ShoulderCenter** が最も高いことがわかった. 表 2 より, 操作性は 5 段階評価を平均した順位と順位付け評価を平均した順位が異なる結果となったが, **ShoulderCenter** は 5 段階評価, 順位付け評価ともに最も高いことがわかった. 事前実験の結果から, 基点に **ShoulderCenter** を設定した場合が直感性, 操作性ともに最も高いことがわかった

4.4 評価実験手順

Remote Touch Pointing は事前実験の結果から, 基点に **ShoulderCenter** を設定する. 事前実験同様, 被験者が聴講者, 発表者の両方を体験し, アンケートによる評価を行った. アンケートにはポインティングデバイスそれぞれについて 5 段階の評価と順位付けを行う 2 種類の評価項目と, 自由記述の欄を設定した. 被験者は 12 名の大学生で, 全員右利きであった.

最初に, 評価者が発表者として 4 種類のポインティングデバイスを用いてタスクを行い, 被験者は聴講者として視認性 (ポインティング位置が見やすいか), 直感性 (体の動作と連動しているか) についてアンケートに回答した. アンケートではポインティングデバイスそれぞれに 1 (まったくそう思わない) ~5 (まったくそう思う) の 5 段階評価と, 各ポインティングデバイスに順位付けをする 2 種類の評価を行った.

次に, 被験者が発表者として 4 種類のポインティングデバイスを用いてタスクを行った. 被験者は発表者として操作性 (ポインティングしやすい) についてアンケートに回答した. これについても同じく 1 (まったくそう思わない) ~5 (まったくそう思う) の 5 段階評価と, 順位付けの 2

種類の評価を行った.

5. 実験結果と分析

5.1 評価実験結果

評価実験により被験者から収集したアンケートをもとに視認性の評価値平均の結果を表 3, 順位平均の結果を表 4 に示す. 直感性の評価値平均の結果を表 5, 順位平均の結果を表 6 に示す. 視認性, 直感性は 5 段階評価を平均した順位と順位付け評価を平均した順位が等しい結果となった. 指示棒は視認性が 3 番目に高いが, 直感性は最も高いことがわかった. レーザーポインタは視認性が最も低く, 直感性が 3 番目に高いことがわかった. マウスは視認性が最も高いが, 直感性は最も低いことがわかった. **Remote Touch Pointing** は視認性, 直感性ともに 2 番目に高いことがわかった.

操作性の評価値平均の結果を表 7, 順位平均の結果を表 8 に示す. 操作性は, 5 段階評価を平均した順位と順位付け評価を平均した順位が異なる結果となった. 指示棒は 5 段階評価が 3 番目に高く, 順位付け評価が最も低いことがわかった. レーザーポインタは 5 段階評価, 順位付け評価ともに 2 番目に高いことがわかった. マウスは 5 段階評価, 順位付け評価ともに最も高いことがわかった. **Remote Touch Pointing** は 5 段階評価では最も低く, 順位付け評価は 3 位となった. この結果から, **Remote Touch Pointing** は操作性が低いことが明らかとなった.

実験の結果, **Remote Touch Pointing** は聴講者にとって視認性と直観性の評価は高いが, 発表者にとって操作性が低いことがわかった. アンケートの自由記述には操作に慣れが必要であり, ポインティング位置が安定しないという意見が多く挙げられた. Kinect から見て基点と操作点が重なった場合, Kinect は基点の位置を推定する. **Remote Touch Pointing** は基点と操作点の延長線上をポインティングするため, Kinect が基点を推定した場合にポインティング位置が不安定となることが原因と考えられる. このことから, ポインティング位置を安定させることができれば, 操作性の評価が高くなる可能性がある.

5.2 ポインティングデバイスの比較評価分析

評価実験の結果より, ポインティングデバイスの平均点の差が統計的に有意かを確かめるための分析を行った. 評価値平均に対しては有意水準 5% で両側検定の t 検定, 順位付け平均に対しては有意水準 5% で両側検定のウィルコクソン符号付順位和検定を用いた.

表 3 の視認性の評価値平均について分析を行った結果を述べる. レーザーポインタはマウス, **Remote Touch Pointing** との平均の差に有意差が見られた. マウスはレーザーポインタとの平均の差に有意差が見られたが, 他のポインティングデバイスとの平均の差に有意差は見られなかった. **Remote Touch Pointing** はレーザーポインタとの平均の差に

有意差は見られたが、他のポインティングデバイスとの平均の差に有意差は見られなかった。

表 4 の視認性の順位平均について分析を行った結果を述べる。評価値分析と同様にレーザーポインタはマウス、Remote Touch Pointing との平均の差に有意差が見られたが、指示棒とは平均の差に有意差が見られなかった。

表 5 の直感性の評価値平均について分析を行った結果を述べる。マウスは他のポインティングデバイスとの平均の差に有意差が見られた。Remote Touch Pointing はマウスとの平均の差に有意差が見られたが、他のポインティングデバイスとの平均の差に有意差が見られなかった。

表 6 の直感性の順位平均について分析を行った結果を述

表 3 視認性の評価値分析

Table 3 Evaluation Value Analysis of Visibility.

ポインティングデバイス	評価値平均	標準偏差	t 検定 (P 値)		
			レーザーポインタ	マウス	Remote Touch Pointing
指示棒	3.42	0.95	0.30	0.08	0.18
レーザーポインタ	3.00	0.91		6.20×10^{-6}	0.01
マウス	4.08	0.75			0.61
Remote Touch Pointing	3.92	0.75			

表 4 視認性の順位付け分析

Table 4 Ranking Analysis of Visibility.

ポインティングデバイス	順位平均	標準偏差	ウィルコクソン符号付順位和検定 (P 値)		
			レーザーポインタ	マウス	Remote Touch Pointing
指示棒	2.92	1.18	0.72	0.07	0.19
レーザーポインタ	3.17	0.98		0.03	0.04
マウス	1.83	0.79			0.53
Remote Touch Pointing	2.08	0.86			

表 5 直感性の評価値分析

Table 5 Evaluation Value Analysis of Intuition.

ポインティングデバイス	評価値平均	標準偏差	t 検定 (P 値)		
			レーザーポインタ	マウス	Remote Touch Pointing
指示棒	4.17	0.37	0.16	6.11×10^{-6}	0.26
レーザーポインタ	3.67	1.10		4.78×10^{-3}	0.70
マウス	2.25	1.01			7.96×10^{-4}
Remote Touch Pointing	3.83	0.89			

表 6 直感性の順位付け分析

Table 6 Ranking Analysis of Intuition.

ポインティングデバイス	順位平均	標準偏差	ウィルコクソン符号付順位和検定 (P 値)		
			レーザーポインタ	マウス	Remote Touch Pointing
指示棒	1.50	0.64	0.01	4.19×10^{-3}	0.18
レーザーポインタ	3.00	1.00		0.38	0.04
マウス	3.50	0.76			7.64×10^{-3}
Remote Touch Pointing	2.00	0.70			

表 7 操作性の評価値分析

Table 7 Evaluation Value Analysis of Operability.

ポインティングデバイス	評価値平均	標準偏差	t 検定 (P 値)		
			レーザーポインタ	マウス	Remote Touch Pointing
指示棒	3.42	1.03	0.54	0.01	0.12
レーザーポインタ	3.67	0.84		0.04	0.03
マウス	4.42	0.75			4.28×10^{-4}
Remote Touch Pointing	2.67	1.17			

表 8 操作性の順位付け分析

Table 8 Ranking Analysis of Operability.

ポインティングデバイス	順位平均	標準偏差	ウィルコクソン符号付順位和検定 (P 値)		
			レーザーポインタ	マウス	Remote Touch Pointing
指示棒	3.25	0.72	0.03	3.70×10^{-3}	0.81
レーザーポインタ	2.25	0.82		0.07	0.11
マウス	1.42	0.86			0.01
Remote Touch Pointing	3.08	0.95			

表 9 ポインティングデバイスの特徴

Table 9 Features of Pointing Device.

ポインティングデバイス	視認性	直感性	操作性	手に持つ必要性	設備の必要性 (PC を除く)	学習時間
指示棒	△	○	×	○	△	○
レーザーポインタ	×	×	○	○	△	○
マウス	○	×	○	△	×	△
Remote Touch Pointing	○	○	×	×	○	×

べる。指示棒はレーザーポインタ、マウスとの平均の差に有意差は見られたが、Remote Touch Pointing との平均の差に有意差は見られなかった。Remote Touch Pointing はレーザーポインタ、マウスとの平均の差に有意差は見られたが、指示棒との平均の差に有意差は見られなかった。

表 7 の操作性の評価値平均について分析を行った結果を述べる。マウスは他のポインティングデバイスとの平均の差に有意差が見られた。Remote Touch Pointing はレーザーポインタ、マウスとの平均の差に有意差が見られたが、Remote Touch Pointing との平均の差に有意差は見られなかった。

表 8 の視認性の評価値平均について分析を行った結果を述べる。マウスは指示棒、Remote Touch Pointing との平均の差に有意差が見られたが、レーザーポインタとの平均の差に有意差は見られなかった。Remote Touch Pointing はマウスとの平均の差に有意差は見られたが、他のポインティングデバイスとの平均の差に有意差は見られなかった。

分析の結果、Remote Touch Pointing はレーザーポインタの視認性との平均の差に有意差が見られた。また、Remote Touch Pointing はマウスの直感性との平均の差に有意差が

見られた。さらに、Remote Touch Pointing はマウスの操作性との平均の差に有意差が見られた。

6. 考察

事前実験結果から基点位置について考察する。Remote Touch Pointing は基点と操作点の延長線上をポインティングする手法である。そのため、基点と操作点の位置関係によっては目的の位置をポインティングすることが難しくなる場合があると考えられる。事前実験の結果から、ShoulderCenter からの距離が離れている関節(ジョイント)ほど直感性、操作性ともに評価が低いことがわかった。この結果から、人が目的の対象に対して方向を指し示す場合は、肩を基準としていると推測される。

評価実験の結果を踏まえた上で大画面スクリーンを用いてプレゼンテーションする際の各ポインティングデバイスの特徴を考察した結果を表 9 に示す。視認性についての考察を述べる。指示棒は小規模なスクリーンであれば全ての範囲を指すことができるが、大画面なスクリーンの場合は届かない場合があり、そのため△とした。レーザーポインタはポインティングカーソルが小さい場合が多く、スクリ

ーンと聴講者の間に距離があると視認性が低くなると考えられるため、×とした。マウス、および Remote Touch Pointing はマウスカーソルがスクリーン上に表示されているため、視認性は高いと考えられ、○とした。

直感性についての考察を述べる。指示棒は目的の位置を指すために腕を動かす必要があり、体の動きと連動しているため、非常に直感性が高いと考えられ、○とした。レーザーポインタは発表者とスクリーンとの距離が離れていても届くため、小さい動きでポインティングを行う発表者が多く見られたため、直感性は低いと考えられる。そのため、×とした。マウスは発表者がPCを見ながら操作するため、聴講者から見て最も直感性が低い。そのため、×とした。Remote Touch Pointing は指示棒と同じく体の動きを使ってポインティングするため、直感性が高いと考えられ、○とした。

操作性について述べる。指示棒は大画面なスクリーンにおいて目的の位置をポインティングできない場合があるため、操作性が低い。そのため、×とした。レーザーポインタ、マウスは大画面においても目的の位置をポインティングすることは容易であるため、○とした。Remote Touch Pointing はポインティング位置が不安定なため、操作性が低い。そのため、×とした。

ポインティングデバイスを手に持つ必要性について考察する。指示棒、レーザーポインタは手にポインティングデバイスを持って操作する必要があるため、○とした。マウスも同様に手に持つ必要があるが、プレゼンテーションを行うPC自体に付属していることもあるため、△とした。Remote Touch Pointing のみ発表者が手に何も持たなくてよいため、×とした。このことにより、Remote Touch Pointing は発表者の負担減少につながると推測される。

機材の必要性について考察する。プレゼンテーションのためにPCを必ず用いることを考えると、マウス以外のポインティングデバイスでは機材を用意する必要がある。指示棒、レーザーポインタは持ち運びしやすいものが多く、プレゼンテーションの準備に影響が出ることは少ないため、△とした。しかし、Remote Touch Pointing はKinectが必要であるため、○とした。

ポインティングを自由に操作するための学習時間について考察する。主なポインティングデバイスはほとんどの人が説明を不要とし、すぐに扱うことができる。指示棒、レーザーポインタは目的の方向に向けるといった操作で済むため、○とした。マウスは年配の方など、PCの操作に慣れていない人の場合に少量の学習時間が必要であると考えられるため、△とした。Remote Touch Pointing はアンケートの自由記述より、短い時間ではあるが学習時間が必要であることがわかった。そのため、×とした。

7. まとめと今後の課題

本研究では、直感的に大画面をポインティング可能な Remote Touch Pointing を提案した。Remote Touch Pointing は体の一部を基点、操作点とし、基点と操作点の延長線上をポインティングするポインティング手法である。

操作点は一般的にジェスチャなどで用いられる利き手を使用した。基点は Head, ShoulderCenter, Spine, HipCenter の4種類の候補があり、基点決定のための事前実験を行った。10名の被験者に聴講者、発表者としてZの法則に基づいたタスクを体験してもらい、アンケートによる評価を行った。その結果、基点に ShoulderCenter を設定した場合に、直感性、操作性が最も高いことが明らかとなった。

評価実験には指示棒、レーザーポインタ、マウス、Remote Touch Pointing の4種類のポインティングデバイスを使用した。12名の被験者に聴講者、発表者としてZの法則に基づいたタスクを体験してもらい、アンケートによる評価を行った。その結果、聴講者にとって Remote Touch Pointing は、視認性と直感性が2番目に高いことが明らかとなった。しかし、発表者にとっては操作性が低いことがわかった。原因としては、基点と操作点が重なった場合にポインティング位置が不安定になるためであると考えられる。

評価実験の分析の結果、Remote Touch Pointing はレーザーポインタより視認性が高いこと、マウスより直感性が高いこと、マウスより操作性が低いことが統計学的に有意であることがわかった。

評価実験の結果とともに、各ポインティングデバイスの特徴について考察した。Remote Touch Pointing は他のポインティングデバイスと比べると、発表者が手に何も持つ必要がないこと、機材を用意する必要があること、学習時間が必要であることがわかった。今後の課題として、ポインティング位置を安定させる手法の検討を行い、その上で操作性を検証する必要があると考えられる。

謝辞 本研究の一部は公益財団法人 堀科学芸術振興財団の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) 土江田織枝: 赤外線反射光を用いたポインティングデバイスの開発, 44号, 釧路工業高等専門学校紀要, pp.55-56, Dec.2010.
- 2) 程浩侃: 視線位置と手の動きを用いた大画面ポインティング手法
- 3) 若松翔, 梅村恭司, 岡部正幸, 三輪多恵子: 話者動作による確実なポインティングのできるプレゼンテーションシステム
- 4) 村田雄一, 志築文太郎, 田中二郎: Shadowgraph: ペンの影を用いて OHP 風の指示ができるプレゼンテーションツール
- 5) 視線の移動の法則について F の法則、Z の法則とは? http://web-directors.net/modules/pico/index.php?content_id=58
- 6) Windows スマートチューニング <http://news.mynavi.jp/column/windows/213/index.html>