

立位・座位の非接触操作における ポインティングジェスチャーの差異

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

概要: 指差しインターフェースをはじめとするジェスチャーによる非接触操作技術の研究が広く行われており、それを利用した様々なシステムが提案されている。しかし、それらのシステムは立位や座位といった特定の姿勢で使用することを想定しており、姿勢が変化した場合のジェスチャーの差異については検証が進められていない。本研究では、ユーザーのからだの一部を基点、操作点とし、それら 2 点の延長線上をポインティング位置とする Remote Touch Pointing を利用して、立位と座位におけるポインティングジェスチャーの差異を検証する。評価実験の結果、立位と座位によって参加者の 38% が異なるジェスチャーを選択した。そこで、その差異の要因としてポインティング位置に着目し、参加者が選択したジェスチャーをポインティング位置ごとに集計した。集計の結果から、腕の移動量が少なくなるようにジェスチャーが選択されていることが明らかとなった。

Differences of Pointing Gestures between a Standing Posture and a Sitting Posture in Non-contact Operation

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

Abstract: Non-contact operation by gestures including finger pointing is an area of active research. Many of these studies are supposed to be used in specific posture such as standing posture and sitting posture. However, the gesture difference in when the posture is changed has not been verified. In this research, we analyzed difference of pointing gestures between a standing posture and a sitting posture. pointing gesture which sets on a base point and an operating point as a part of a body was used in the experiment. It points out objective area using the extended line of them. From experimental result, the difference in the gestures by postures were analyzed, 38% of participants were a different gesture. We focused pointing position as the difference factor and analyzed the number of gestures in each pointing position. From the result, the participants were selected gestures so that the movement of the arms was reduced.

1. はじめに

近年、指差しインターフェースをはじめとするジェスチャーによる非接触操作技術の研究が広く行われており、それらを利用した様々なシステムが提案されている。認知共有のためのスポットライト型ポインティングシステムであるスポットライティング[1]は、指差しジェスチャーによるポインティングシステムと焦点範囲であるフォーカスエリアの操作インターフェースから構成されている。フォーカスエリアを拡大・縮小ボタン上に移動することによってフォーカスエリアのサイズを変更し、焦点を絞ることで、説明者の説明するオブジェクトの位置と範囲を容易に理解することが可能となっている。また、カーナビゲーションシステムなどの車内システムを直感的に操作するための非接

触操作システム[2]が提案されている。このシステムでは、車内システム操作時の視認対象と操作対象を同一にすることで、視認対象に対して直感的に操作が可能となっている。このように、ジェスチャーを利用した様々なポインティングシステムが提案されているが、これらのシステムは立位や座位といった特定の姿勢で使用することを想定しており、姿勢が変化した場合のジェスチャーの差異については検証が進められていない。

本研究では、立位、座位におけるポインティングジェスチャーの差異について検証を進めるために、立位、座位の両姿勢でポインティングを行う評価実験を実施した。評価実験時のポインティングジェスチャーを記録し、分析することで、立位、座位のポインティングジェスチャーに差異があるのかを検証した。

2. 関連研究

ジェスチャーを認識するために用いられるセンサーとして、Kinect[3]や Leap Motion[4]、Ring[5]があげられる。Kinect は 3 種類のカメラを用いて人の骨格を追跡すること

^{†1} 福山大学大学院
Graduate school of engineering, Fukuyama University

^{†2} 福山大学
Fukuyama University

^{†3} 株式会社 DNP 情報システム
DNP Information Systems Co., Ltd.

^{†4} NTT アイティ株式会社
NTT IT Corporation

が可能で、からだ全体のジェスチャーを認識することに優れている。Leap Motion は赤外線を用いて手の形状を認識することが可能で、手や指の動きを認識することに優れている。このような非接触によるセンサーの登場により、デバイスを持たないジェスチャー操作が可能になりつつある。また、Ring は指に装着するセンサーで、空中でアルファベットや数字、図形を描くことでスマートデバイスの制御を可能としている。

ジェスチャーを利用したポインティング手法の研究も広く行われている。Nickel と Stiefelbogen は、頭部位置（両目の中間位置）と手の延長線上をポインティングする Hand-head line method の提案を行っている[6]。このポインティング手法を含めた3種類のポインティング手法で指向方向を推定する実験を行ったところ、Hand-head line method は90%の信頼性があることが明らかとなった。

また、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手法として、Remote Touch Pointing[7]の研究が進められている。Remote Touch Pointing は、からだの一部を基点、操作点とし、それら2点の延長線上をポインティングする直観的なポインティング手法である。図1に Remote Touch Pointing の利用例を示す。実験の結果、発表者が Shoulder Center と Hand の延長線上をポインティング位置とすることにより、聴講者が直観的にポインティング位置を推定可能であることが明らかとなった。

3. 評価実験

立位、座位におけるポインティングジェスチャーの差異を検証するために、Remote Touch Pointing によるポインティングシステムとその原理を利用した。図2に Kinect から取得可能な関節位置を示す[8]。本研究では、基点の候補として、体の中心線上にある5箇所の関節を設定した。基点の候補となる関節と関節番号は HEAD (3)、NECK (2)、SPINE SHOULDER (20)、SPINE MID (1)、SPINE BASE (0) の5箇所である。また、操作点の候補として、ユーザーの利き手にある4箇所の関節を設定した。操作点の候補となる関節と関節番号は HAND TIP RIGHT (23)、THUMB RIGHT (24)、HAND RIGHT (11)、WRIST RIGHT (10) の4箇所である。これらの基点と操作点の組み合わせを本研究におけるポインティングの「ジェスチャー」と定義し、姿勢変化によるジェスチャーの差異を検証する。

評価実験では、始めに実験実施者が参加者に対し実験概要と Remote Touch Pointing のポインティングの原理について説明を行った。参加者は34名の大学生で、全員右利きであった。図3に評価実験におけるポインティングの様子を示す。参加者は立位、座位の両姿勢で9タイルをポインティングするタスクを実施し、各タイルで自身が直観的にポインティング位置だと感じた基点と操作点の組み合わせを回答した。その後、実験実施者が参加者に組み合わせの確

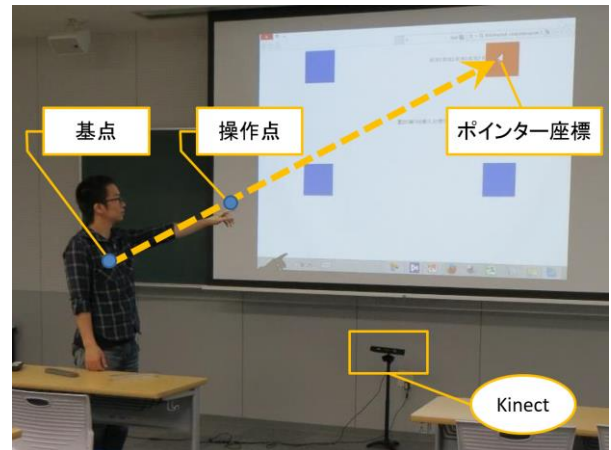


図1 Remote Touch Pointing の利用例
Figure 1 Remote Touch Pointing

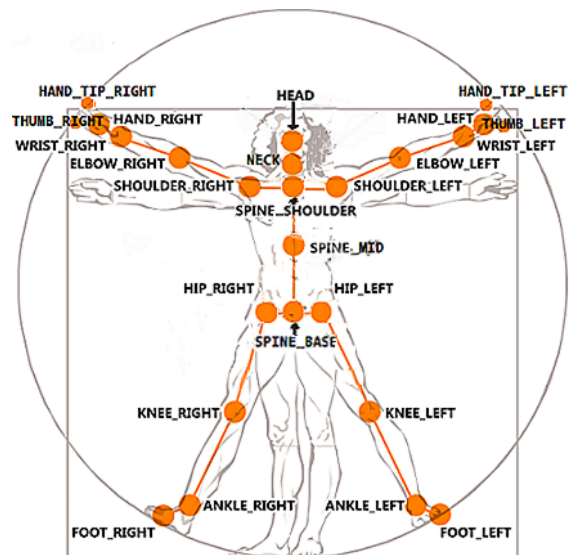


図2 Kinect から取得可能な関節位置
Figure 2 Joint types of human body in Kinect sensor



(a) 立位 (b) 座位
図3 評価実験におけるポインティングの様子
Figure 3 Pointing gestures in the experimental

認を行い、その関節番号を記録用紙に記入した。参加者がタスクを実施するにあたり、データの偏りを防ぐため参加者番号が偶数の参加者は立位から、奇数の参加者は座位からタスクを開始した。

3.1 実験環境

評価実験で使用した実験環境を以下に示す。

- PC : Windows8.1
- Kinect for Windows v2
- 短焦点プロジェクター : RICHIO IPSiO PJWX4130N

図4に実験環境のレイアウトを示す。ポインティングエリアとなるスクリーンのサイズは2.4m x 3.3mに設定し、スクリーンから1.3mの位置にKinectを設置した。また、タスク実施時の参加者の行動可能範囲を参加者エリアと定義し、スクリーンから3mの位置に0.4m x 0.4mの正方形を設定した。評価実験において、参加者はこの参加者エリアから出ることなく立位と座位の両姿勢でタスクを実施した。立位の場合、参加者に参加者エリア内から出ることなく立った状態でタスクを実施するように依頼した。また、座位の場合、参加者エリアと同じサイズのパイプ椅子を設置し、座った状態でタスクを実施するように依頼した。

3.2 タスク

評価実験において、参加者は9タイルをポインティングするタスクを立位と座位の両姿勢で実施した。図5にタスク画面を示す。スクリーン上に表示された各タイルサイズは、Windows8のタイルサイズに基づいて120px x 120pxの正方形に設定した。まず、参加者は中央タイル (Tile5) をポインティングし、ポインティング可能かどうかの確認を行った。その後、左上 (Tile1) から右下 (Tile9) までの9タイルを順番にポインティングした。

図6にポインティング時のタスク画面とアイコンを示す。参加者がスクリーンをポインティングした際、スクリーン上には基点 (5箇所) と操作点 (4箇所) の組み合わせである計20個のアイコンが表示される。アイコンは、Kinectで取得した基点の関節番号、操作点の関節番号、ポインティング位置で構成されている。参加者は各タイルをポインティングした際に、タイルの中心位置に最も近いと感じたアイコンを直観的に選択する。その後、実験実施者は参加者が選択したアイコンの関節番号を確認し、その番号を記録用紙に記入した。

4. 実験結果と姿勢による差異の分析

評価実験で記録した参加者ごとの基点と操作点の組み合わせを集計し、立位と座位のジェスチャーの差異について分析を行った。分析方法は、参加者ごとにTile1からTile9までの組み合わせを集計し、その9点のポインティングデータから各姿勢における最頻値を算出した。そして、その結果を各姿勢における参加者のジェスチャーとして設定した。

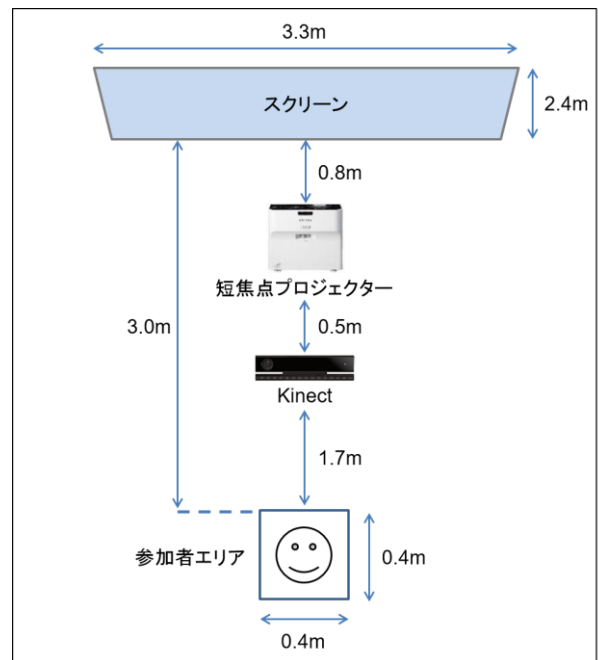


図4 実験環境のレイアウト

Figure 4 Layout of experimental equipment

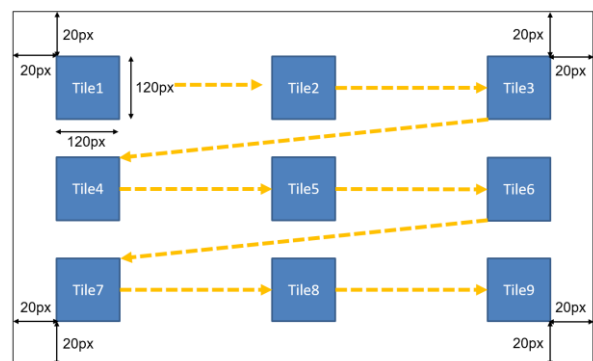


図5 タスク画面

Figure 5 Task screen

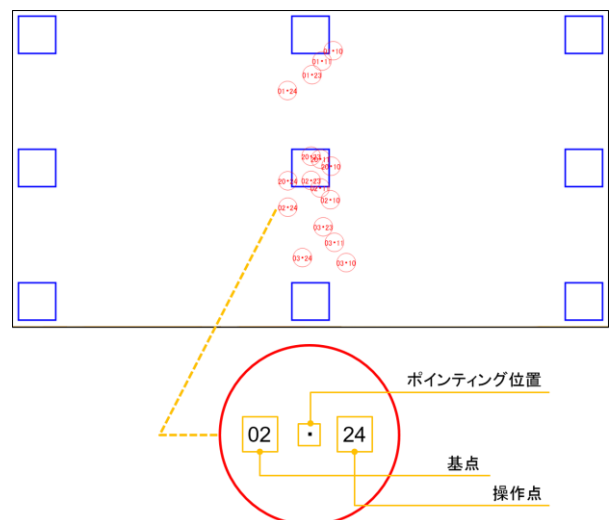


図6 ポインティング時のタスク画面とアイコン

Figure 6 Task screen and Icon when pointing

図7に各ジェスチャーを選択した参加者数を示す。図中の左の値は参加者数、右の値は割合を示している。評価実験において、最も多くの参加者が選択したジェスチャーはHEAD x THUMB RIGHTの組み合わせであった。立位では12人(35%)、座位では14人(41%)の参加者がHEAD x THUMB RIGHTの組み合わせを選択した。また、2番目に多くの参加者が選択したジェスチャーはHEAD x HAND TIP RIGHTの組み合わせであった。立位では8人(24%)、座位では10人(29%)の参加者がHEAD x HAND TIP RIGHTの組み合わせを選択した。立位と座位の両姿勢において、参加者が選択したジェスチャーの順位には大きな変化は見られなかった。

立位と座位のポインティングジェスチャーに差異があるかをより詳しく分析するために、立位と座位で選択されたジェスチャーに変化があるかを分析した。表1に立位・座位におけるジェスチャーの変化を示す。分析の結果、立

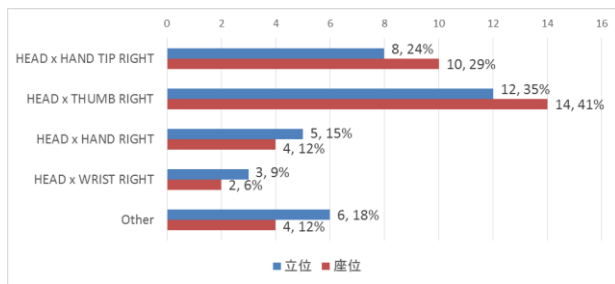


図7 各ジェスチャーを選択した参加者数
Figure 7 The number of participants who select every combination

表1 立位・座位におけるジェスチャーの変化

Table 1 Changes of gestures between a standing posture and a sitting posture

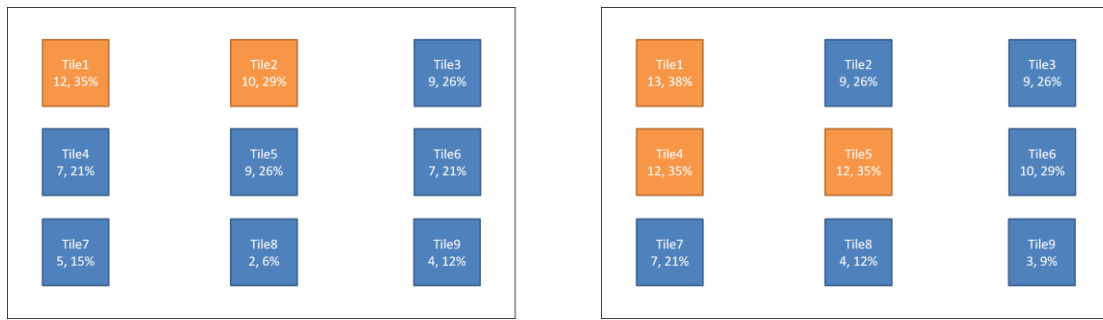
		人数 (人)	比率 (%)
変化なし	HEAD x HAND TIP RIGHT	6	18
	HEAD x THUMB RIGHT	8	24
	HEAD x HAND RIGHT	2	6
	HEAD x WRIST RIGHT	1	3
	NECK x HAND TIP RIGHT	2	6
	NECK x THUMB RIGHT	2	6
	合計	21	62
変化あり	HEAD x HAND TIP ⇔ HEAD x THUMB	2	6
	HEAD x HAND TIP ⇔ HEAD x HAND	2	6
	HEAD x HAND TIP ⇔ NECK x THUMB	1	3
	HEAD x HAND TIP ⇔ NECK x HAND	1	3
	HEAD x THUMB ⇔ HEAD x HAND	3	9
	HEAD x THUMB ⇔ HEAD x WRIST	3	9
	NECK x HAND TIP RIGHT ⇔ NECK x THUMB RIGHT	1	3
	合計	13	38

位、座位の姿勢変化でジェスチャーが変化しなかった人数が21人(62%)、ジェスチャーが変化した人数が13人(38%)であった。この結果から、立位と座位のポインティングジェスチャーには差異があることが明らかとなった。

5. 差異の要因の考察

評家実験における分析結果から、立位と座位のポインティングジェスチャーには差異があることが明らかとなった。そこで、その差異の要因を考察するためにポインティング位置に着目し、参加者が選択したジェスチャーをタイル位置ごとに集計した。図8にタイル位置ごとに選択されたジェスチャーの集計結果を示す。各図では9タスクの中で多くの参加者に選択された上位2タイルの色を橙色に変更している。

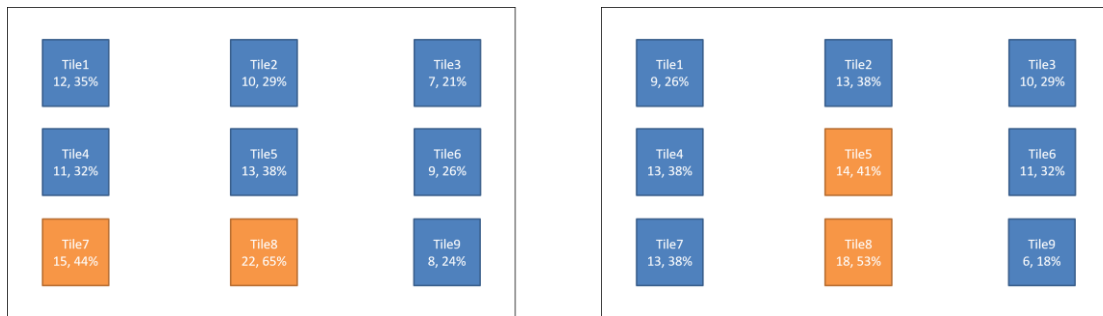
図8(1)より、HEAD x HAND TIP RIGHTはタスク中央の行から上部の行にかけて多くの参加者に選択されている。これはタスク上部をポインティングする場合、操作点の候補の中でHAND TIP RIGHTでのポインティングが最も腕の移動量が少ないことが関係していると考えられる。また、図8(3)、図8(4)より、HEAD x HAND RIGHTやHEAD x WRIST RIGHTは右側の列で多くの参加者に選択されている。これはタスク右側をポインティングする場合、HAND TIP RIGHTやTHUMB RIGHTと比較してHEAD x HAND RIGHTやHEAD x WRIST RIGHTの方が腕の移動量が少ないことが関係していると考えられる。この傾向は各ジェスチャーで現れており、HEAD x HAND TIP RIGHTはタスク上部、HEAD x THUMB RIGHTはタスク左側、HEAD x



(a) 立位

(b) 座位

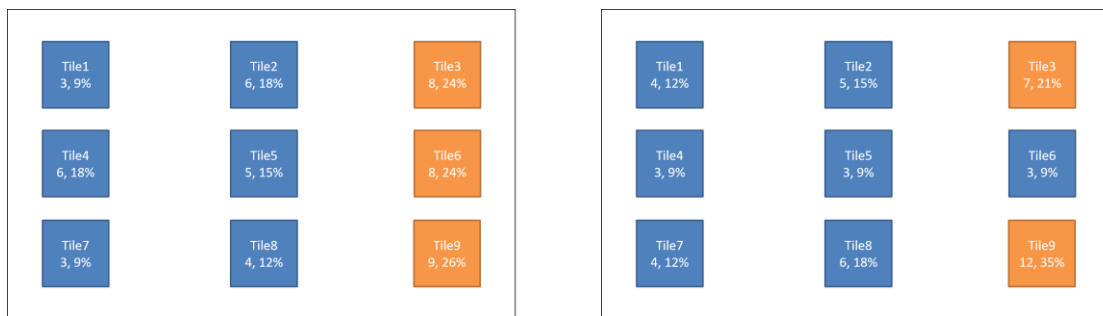
(1) HEAD x HAND TIP RIGHT



(a) 立位

(b) 座位

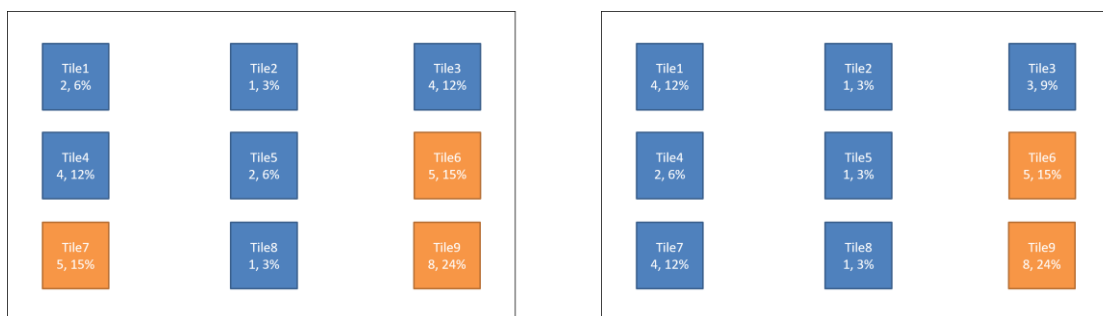
(2) HEAD x THUMB RIGHT



(a) 立位

(b) 座位

(3) HEAD x HAND RIGHT



(a) 立位

(b) 座位

(4) HEAD x WRIST RIGHT

図 8 タイル位置ごとに選択されたジェスチャーの集計結果

Figure 8 Number of gestures selected every tile position

HAND RIGHT はタスク左側, HEAD x WRIST RIGHT はタスク下部で選択された比率が増加する傾向があると考えられる. これらの結果から, 立位と座位でポインティングジェスチャーが異なった要因として, 参加者は各タイルをポインティングする際に, 腕の移動量が少なくなるようにジェスチャーを選択している可能性が考えられる.

ポインティング位置の高い精度が要求される場合, ユーザーごとにキャリブレーションを行うことでユーザーに最も適した基点と操作点の組み合わせを設定することが可能である. しかし, 博物館のように多くの人々が連続してポインティングを行う場合, より多くのユーザーが一定水準で使用できる共通設定を使用する必要がある. この共通の設定を検討していく上で, ポインティング位置によってジェスチャーが変化しうる可能性があることから, ある特定のジェスチャーを共通設定として使用することは難しい. そのため, 今後, 直観的かつ腕の移動量を考慮したポインティング手法の検討が必要になると考えられる.

6. まとめと今後の課題

本研究では, 立位, 座位におけるポインティングジェスチャーの差異を検証するために, 大学生 34 名を対象に評価実験を実施した. そして, 評価実験で参加者が選択した基点と操作点の組み合わせを各姿勢で集計し, 集計した 9 タイル分の結果から姿勢ごとの最頻値を算出した.

最頻値を分析した結果, 最も多くの参加者が選択したジェスチャーは HEAD x THUMB RIGHT の組み合わせ, 2 番目に多くの参加者が選択したジェスチャーは HEAD x HAND TIP RIGHT の組み合わせであった. 立位と座位の両姿勢において, 参加者が選択したジェスチャーの順位には大きな変化は見られなかった. そこで, 姿勢によるジェスチャーの変化を分析したところ, 参加者の 38% が立位と座位で異なるジェスチャーを選択していた. この結果から, 立位と座位のポインティングジェスチャーには差異があることが明らかとなった.

分析結果で明らかとなった差異の要因を考察するために, ポインティング位置に着目し, 参加者が選択したジェスチャーをタイル位置ごとに集計した. その結果, 参加者は各タイルをポインティングする際に, 腕の移動量が少なくなるようにジェスチャーを選択している可能性が考えられる. より多くのユーザーが一定水準で使用できる共通設定を検討していく場合, 特定のジェスチャーを共通設定として使用することは難しい. そのため, 今後, 直観的かつ腕の移動量を考慮したポインティング手法の検討が必要になると考えられる.

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)の助成により実施いたしました, 厚く御礼申し上げます.

参考文献

- [1] 中道上, 天早健太, 渡辺恵太, 山田俊哉: スポットライティング, インタラクション 2016 論文集, pp. 954-959 (2016).
- [2] 三宅雄太, 中道上, 渡辺恵太: 車内における直感的な非接触操作システムの提案, 公益社団法人自動車技術会 2015 年秋季大会学術講演会講演予稿集, pp. 418-423 (2015).
- [3] “Xbox One Kinect センサー”, <http://www.xbox.com/ja-JP/xbox-one/accessories/kinect-for-xbox-one>, (2016/12/25).
- [4] “Leap Motion”, <https://www.leapmotion.com/?lang=jp>, (2016/12/25).
- [5] “Ring”, <http://logbar.jp/ring/ja/>, (2016/12/25).
- [6] Nickel, K., Stiefelhagen, R.: Pointing Gesture Recognition based on 3D-Tracking of Face, Hands and Head-Orientation, ICMI '03 Proceedings of the 5th international conference on Multimodal interfaces, pp. 140-146 (2003).
- [7] 渡辺恵太, 中道上, 山田俊哉, 尾関孝史: 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の提案と評価, HCG シンポジウム 2014 論文集, pp. 545-552 (2014).
- [8] “Joint Type Enumeration”, <https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/microsoft.kinect.jointtype.aspx>, (2016/12/25)