

立位・座位におけるポインティングジェスチャーの相違度分析

杉原 慶哉^{*1} 渡辺 恵太^{*2} 池岡 宏^{*3} 中道 上^{*3} 山田 俊哉^{*4}

Dissimilarity Analysis of Pointing Gestures between Standing Posture and Sitting Posture

Keiya Sugihara^{*1}, Keita Watanabe^{*2}, Hiroshi Ikeoka^{*3}, Noboru Nakamichi^{*3} and Toshiya Yamada^{*4}

Abstract - It has been studied for various pointing systems using gestures with non-contact operation. We have been investigating several pointing methods in standing posture or sitting posture. There is a possibility to use these proposed methods in the various posture hereafter. According of our previous studies, we showed that there is the difference of the pointing gestures between standing posture and sitting posture. However, the factor of the difference has not been verified yet. Hence, in this paper, we estimate the difference of pointing gestures between standing posture and sitting posture by using dissimilarity analysis. As a result, we showed that the difference depends on the pointing position.

Keywords: Non-contact operation, NUI and Interaction

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。これらのシステムは今後研究が進展していく中で、利用者の様々な姿勢のもとに利用される可能性が考えられる。先行研究の結果から、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確認されている^[3]。しかし、その差異の要因についてはまだ検証が進んでいない。

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の要因について検証を進めるために、ポインティングジェスチャーの差異がポインティング位置に依存しているかについて検証した。

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^[4]や Leap Motion^[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し、体全体のジェスチャーを認識することができる。一方、Leap Motion は赤外線を用いて手の形状を認識することができ、手や指の動きを捉えることができる。このような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によるインターフェースが様々な場面で利用され始めた。

また、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 Stiefelhagen 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 を提案した^[6]。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、この 2 点の延長線上をポインター座標と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。この研究では、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。

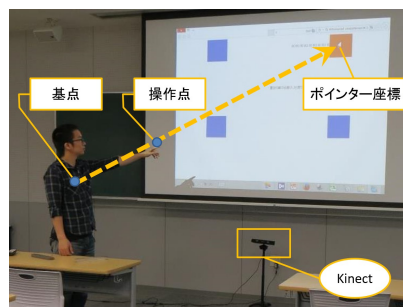


図 1 Remote Touch Pointing の利用例
Fig.1 Usage Example of the Remote Touch Pointing.

*1: 福山大学大学院工学研究科

*2: 株式会社 DNP デジタルソリューションズ

*3: 福山大学工学部

*4: NTT テクノクロス株式会社

*1: Graduate school of engineering, Fukuyama University

*2: DNP Digital Solutions Co., Ltd

*3: Fukuyama University Faculty of Engineering

*4: NTT Techno Cross Corporation.

3. 立位・座位におけるジェスチャーの評価実験

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 箇所の関節を選定した。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) 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 箇所の関節を選定した。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) 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、座位の両姿勢でプロジェクターより壁面上のポインティングエリアに投影された 9 個のタイルを順次ポインティングするタスクを実施する。そして、各タイルをポインティングする際に、参加者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認を行い、対応する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 : RICOH 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 $2.4\text{m} \times 3.3\text{m}$ 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 3.0m の位置に $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ 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。なお、座位の場合、参加者は参加者エリア上に設置された同じサイズのパイプ椅子に座り、ポインティングのタスクを実施した。

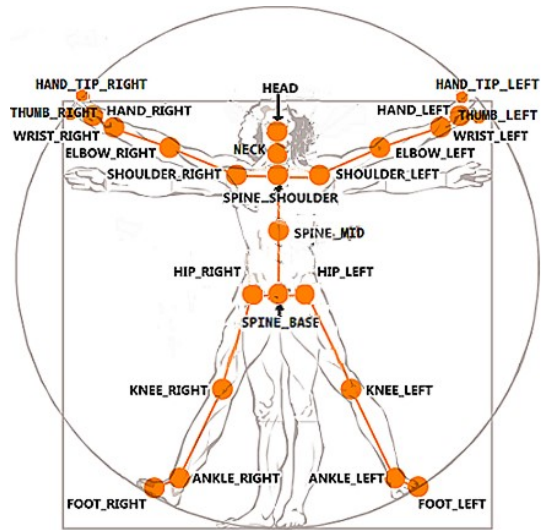
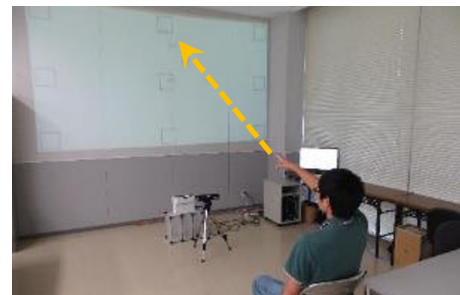


図 2 Kinect から取得可能な関節位置
Fig.2 Joint Types of Human Body from Kinect Sensor.



(a) 立位
Standing Posture.



(b) 座位
Sitting Posture.

図 3 評価実験におけるポインティングの様子
Fig.3 Pointing Gestures in The Experimental.

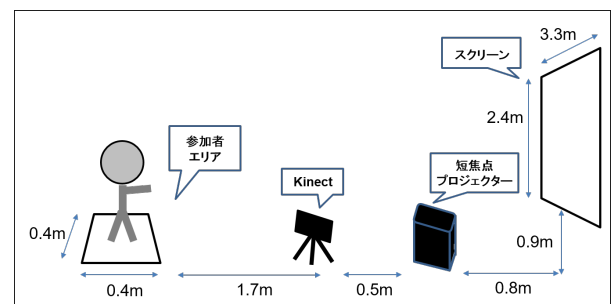


図 4 実験環境のレイアウト
Fig.4 Layout of Experimental Equipment.

3.2 タスク

評価実験において、参加者は9個の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き、120px×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におけるポインタの様子を示す。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個のポインタが表示される。ポインタは、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ポインタ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ポインタの関節番号を確認し、その番号を記録用紙に記入した。

4. 実験結果とジェスチャー相違度の分析

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、立位と座位におけるジェスチャーの相違度(以下、ジェスチャー相違度)を分析した。

本研究では、参加者がタイルごとに自由意志で選択したジェスチャーのポインティング位置と対象タイルの中央座標から2点間の距離を算出し、その2点間の距離が最小値となる時点を、参加者がそのタイルをポインティングしたタイミングとして定義する。以後、このタイミングでのデータを評価対象として分析を行う。

4.1 ジェスチャー相違度の算出手順

評価実験では、参加者がスクリーンをポインティングした際に、基点(5箇所)と操作点(4箇所)の組み合わせである計20ジェスチャーのx座標とy座標をピクセル単位で記録した。この20ジェスチャーの中で、全評価実験を通して参加者が一度も選択しなかったジェスチャーを除いたため、下記の11ジェスチャーが評価対象となった。

1. HEAD×HAND TIP RIGHT
2. HEAD×THUMB RIGHT
3. HEAD×HAND RIGHT
4. HEAD×WRIST RIGHT
5. NECK×HAND TIP RIGHT
6. NECK×THUMB RIGHT
7. NECK×HAND RIGHT
8. NECK×WRIST RIGHT
9. SPINE SHOULDER×HAND TIP RIGHT
10. SPINE SHOULDER×THUMB RIGHT
11. SPINE SHOULDER×HAND RIGHT

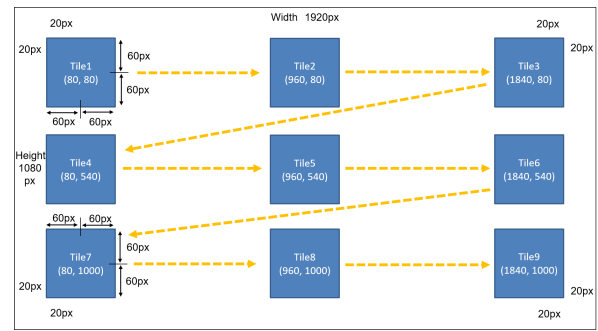


図5 タスク画面
Fig.5 Task Screen.

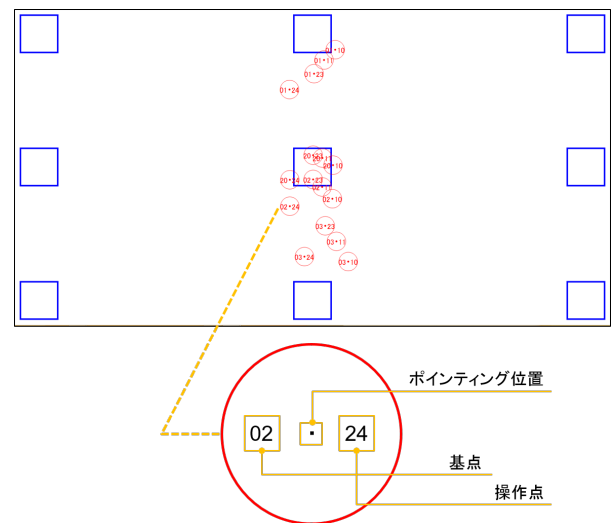


図6 ポインティング時のタスク画面とポインタ
Fig.6 Task Screen and Pointer when Pointing.

$$\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (1)$$

x_1 : タイル中央のx座標

x_2 : ポインティング位置のx座標

y_1 : タイル中央のy座標

y_2 : ポインティング位置のy座標

表1 Tile1とHead×HandTipRightの2点間の距離
Table 1 Distance between Tile1 and Head×HandTipRight.

入力値	座標値 (px)
x_1	80
x_2	80
y_1	80
y_2	83
2点間の距離	3

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{11} (d_{ia} - d_{ib})^2} \quad (2)$$

d_{ia} : 立位におけるジェスチャーの 2 点間の距離

d_{ib} : 座位におけるジェスチャーの 2 点間の距離

表 2 Tile1 のジェスチャー相違度
Table 2 Gesture Dissimilarity for Tile1

立位の入力値	2 点間の距離
d_{1a} : Head × HandTipRight	3.0
d_{2a} : Head × ThumbRight	357.1
d_{3a} : Head × HandRight	256.0
d_{4a} : Head × WristRight	418.2
d_{5a} : Neck × HandTipRight	610.0
d_{6a} : Neck × ThumbRight	206.3
d_{7a} : Neck × HandRight	426.3
d_{8a} : Neck × WristRight	424.4
d_{9a} : SpineShoulder × HandTipRight	925.5
d_{10a} : SpineShoulder × ThumbRight	508.9
d_{11a} : SpineShoulder × HandRight	775.1
座位の入力値	2 点間の距離
d_{1b} : Head × HandTipRight	443.3
d_{2b} : Head × ThumbRight	747.8
d_{3b} : Head × HandRight	616.9
d_{4b} : Head × WristRight	754.5
d_{5b} : Neck × HandTipRight	15.0
d_{6b} : Neck × ThumbRight	271.2
d_{7b} : Neck × HandRight	185.6
d_{8b} : Neck × WristRight	358.8
d_{9b} : SpineShoulder × HandTipRight	239.1
d_{10b} : SpineShoulder × ThumbRight	57.2
d_{11b} : SpineShoulder × HandRight	231.4
立位と座位の相違度	1407.5

立位および座位ごとに評価対象とした 11 ジェスチャーについて、ポインティング位置と各タイルの中央座標からユークリッド距離を算出した。この距離を求める数式を (1) 式、ある参加者 1 名分のデータを表 1 に示す。

(1) 式を用いることで、11 ジェスチャー分の距離値がそれぞれ算出できる。本研究では、この 11 ジェスチャー分の距離値を要素としたベクトルを「ジェスチャーベクトル」と定義する。

このジェスチャーベクトルは、1 名の参加者につき、立位および座位の 2 つの姿勢でそれぞれ 9 タイル分得られる。そこで、タイルごとに 2 つのジェスチャーベクトルの L2 ノルムを用いて、各タイルにおける立位、座位のジェスチャー相違度を算出する。各タイルのジェスチャー相違度を求める数式を (2) 式、ある参加者 1 名分のデータを表 2 に示す。(2) 式を用いて、参加者 34 名 × 9 Tile の計 306 ジェスチャー相違度を算出する。そして、このデータから各タイルのジェスチャー相違度分布の平均とジェスチャー相違度分布の分散を算出した。

表 3 各タイルの相違度分布の平均
Table 3 Average of Dissimilarity Distribution for Each Tile.

Tile1 595.0	Tile2 524.6	Tile3 447.1
Tile4 466.6	Tile5 450.4	Tile6 318.3
Tile7 482.0	Tile8 334.2	Tile9 303.9

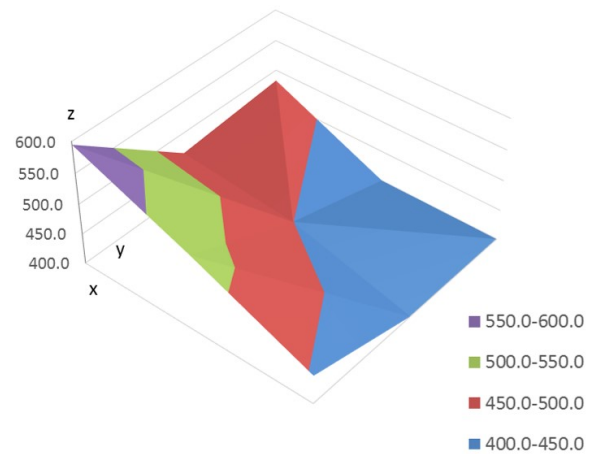


図 7 各タイルの相違度分布の平均

Fig.7 Average of Dissimilarity Distribution for Each Tile.

表 4 各タイルの相違度分布の分散
Table 4 Dispersion of Dissimilarity Distribution for Each Tile.

Tile1 211626.6	Tile2 70290.9	Tile3 80268.1
Tile4 129137.1	Tile5 129137.1	Tile6 55952.2
Tile7 80915.8	Tile8 49668.1	Tile9 90014.0

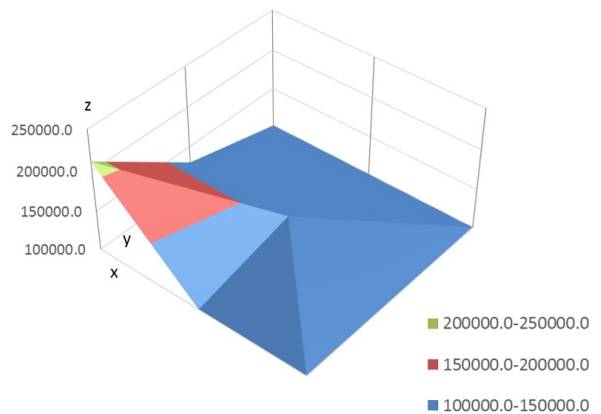


図 8 各タイルの相違度分布の分散

Fig.8 Dispersion of Dissimilarity Distribution for Each Tile.

算出した相違度分布の平均を表 3, 算出した相違度分布の分散を表 4 に示す. 表 3, 4 のセルには, 数値に対応した色を割り当てた. 色が濃くなるほど数値が大きいことを表し, 色が薄くなるほど数値が小さいことを表している. また, 相違度分布の平均および相違度分布の分散を三次元等高線グラフで表したものを図 7, 図 8 にそれぞれ示す. なお, 図 7, 8 では x 座標と y 座標を用いて 9 タイルの座標を表している. そして, z 座標を用いて相違度分布の平均値と相違度分布の分散値を表している.

4.2 相違度分布の平均・相違度分布の分散

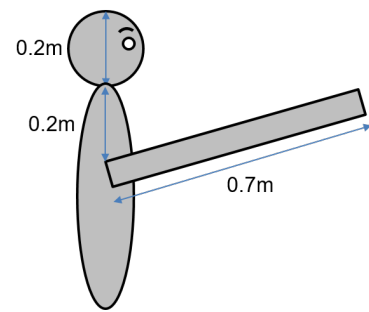
相違度分布の平均は, 立位と座位でジェスチャーに差異があるかを相対的に示している. 表 3 と図 7 より, 立位と座位でジェスチャーの差異が最も大きかったタイルは, 左上の Tile1 (595.0) であった. また, 立位と座位でジェスチャーの差異が最も小さかったタイルは, 右下の Tile9 (303.9) であった. また, 表 3 より, ポインティングするタイルが左側に位置するほどジェスチャーの差異が大きくなっていることが分かる. この結果から, ポインティング位置が左側になるほど立位と座位でジェスチャーの差異が大きくなる可能性が考えられる.

相違度分布の分散は, 立位と座位でジェスチャーに差異があった参加者と差異がなかった参加者がどの程度混在しているかを示している. 表 4 と図 8 より, 立位と座位で参加者のばらつきが最も多かったタイルは, 左上の Tile1 (211626.6) であった. また, 立位と座位で参加者のばらつきが最も少なかったタイルは, 中央下の Tile8 (49668.1) であった. これらの結果から, Tile1 では立位と座位でジェスチャーに差異があった参加者と差異がなかった参加者が混在しており, Tile8 ではどちらか片方の参加者が偏って存在していることが明らかとなった. つまり, 全員の差異が一様に大きいのではなく, 個々の参加者に依存して差異の大小が異なることを示している.

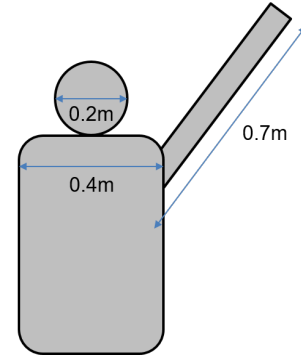
5. 差異の要因の考察

評価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は Tile1 で最も差異が大きくなることが明らかとなった. そこで, その要因を考察するために, ポインティング時の参加者の腕の角度に着目した. 本研究では, 仮想的な参加者モデルと実験風景の縮尺図を作成し, その数値をもとに腕の角度について考察を行う.

図 9 に仮想的な参加者モデル, 図 10 に実験風景の側面図, 図 11 に実験風景の上面図を示す. 図 9 では, 参加者の頭部幅 0.2m, 顎下から腕の付け根までの長さ 0.2m, 肩幅 0.4m, 腕の付け根から指先までの長さ 0.7m で参加者モデルを作成した. このモデルはある参加者の実数値をもとに作成している. また, 立位での頭部位置を地面から 1.7m, 座位での頭部位置を地面から 1.3m と仮定すると, 図 10 のようになる.



(a) 側面図
Side View.



(b) 背面図
Rear View.

図 9 参加者モデル
Fig.9 Participant model.

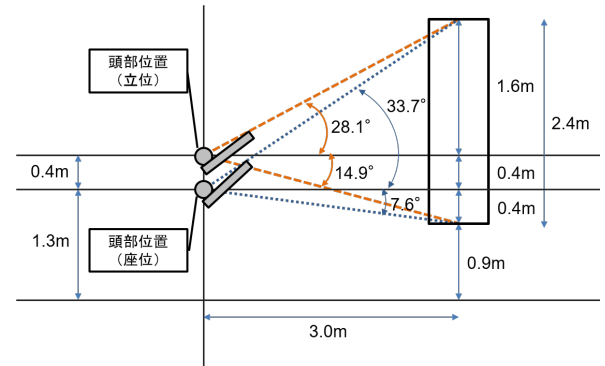


図 10 実験風景の側面図
Fig.10 Side View in The Experimental.

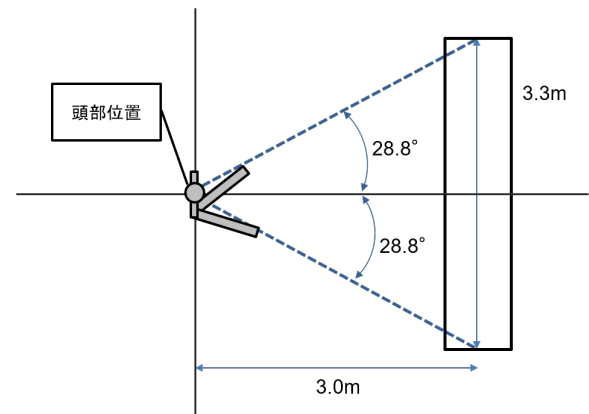


図 11 実験風景の上面図
Fig.11 Rear View in The Experimental.

図 10 では、立位でのジェスチャー検出範囲を点線、座位でのジェスチャー検出範囲を丸点線で示している。図 10 より、座位の姿勢で高い位置のタイルをポインティングする場合、立位の姿勢でポインティングする場合と比較してより高い腕の角度が必要となることが分かる。

また、図 11 より、左右のタイルをポインティングする場合、右腕の可動域の影響により左側のタイルをポインティングすることが困難である可能性が考えられる。これは、参加者 34 名の利き手が全員右手であり、評価実験をすべて右手で行ってもらったことも影響していると考えられる。

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、立位と座位におけるジェスチャーの相違度を算出した。このジェスチャーの相違度をもとに、各タイルの相違度分布の平均と相違度分布の分散を分析した。相違度分布の平均と相違度分布の分散を分析した結果、ポインティングするタイル位置によってジェスチャーの差異が生じている可能性が明らかとなった。

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、ポインティング時の参加者の腕の角度に着目し、仮想的な参加者モデルと実験風景の縮尺図を用いて考察した。その結果、右腕の可動範囲の影響により左側のタイルをポインティングすることが困難である可能性が考えられる。これは、参加者 34 名の利き手が全員右手であり、評価実験をすべて右手で行ってもらったことも影響していると考えられる。そのため、今後は、差異が生じやすいタイル位置において、個々のどの身体的特徴（身長、座高、視力、腕の長さなど）が差異に影響を与えているかについて分析する予定である。

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, 天早, 渡辺, 山田: 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, 中道, 渡辺: 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] 杉原, 天早, 中道, 渡辺, 山田: 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; 情報処理学会インタラクション 2017 論文集, pp.

464-469 (2017).

- [4] “Xbox One Kinect センサー”,
<http://www.xbox.com/ja-JP/xbox-one/accessories/kinect-for-xbox-one>, (2017/07/21).
- [5] “Leap Motion”,
<https://www.leapmotion.com/?lang=jp>, (2017/07/21).
- [6] Nickel, K., Stiefelbogen, 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, 中道, 山田, 尾関: 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>, (2017/07/21)