

立位・座位におけるポインティングジェスチャーによる関節角度の差異 Joint Angle Differences by Pointing Gestures Between a Standing Posture and a Sitting Posture

横山 大知¹ 浜 信彦¹ 中道 上^{2,3}
Daichi Yokoyama Nobuhiko Hama Noboru Nakamichi
杉原 慶哉⁴ 渡辺 恵太⁵ 山田 俊哉⁶
Keiya Sugihara Keita Watanabe Toshiya Yamada

1. まえがき

近年、大画面スクリーンの情報に対する直観的なインタラクションの研究が行われている。このインタラクションの一例として、身振り手振りなどを使用する NUI (Natural User Interface) [1]の分野が知られている。特に、指差しのジェスチャーでは、指示対象が近距離かつ発表者が肘を伸ばした状態であれば、指示方向は目から指先へと向かうベクトルに近似できることが報告されている[2]。

この指差しのジェスチャーに着目し、大画面に対する直観的なポインティングシステムが数多く提案されている。人間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するポインティング手法が注目されている。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[3]。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。これらのポインティングシステムは、ある特定の姿勢においてのみ使用することを想定しており、システム使用時にユーザーの姿勢が変化する場合を考慮していないことが多い。そのため、姿勢が変化した際に、同じジェスチャーによって直観的なポインティングを実現できるかは検証されていない。

本研究では、姿勢の中でも多くの場面で利用することが想定される立位と座位の姿勢に着目し、大画面における立位、座位のポインティングジェスチャーに差異があらわれるかを検証する。そして、差異があらわれた場合にはその差異の要因について分析する。

2. ポインティングジェスチャーの記録実験

本研究では、Remote Touch Pointing[4]によるポインティングシステムとその原理を利用した。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。Remote Touch Pointing では、Kinect で取得

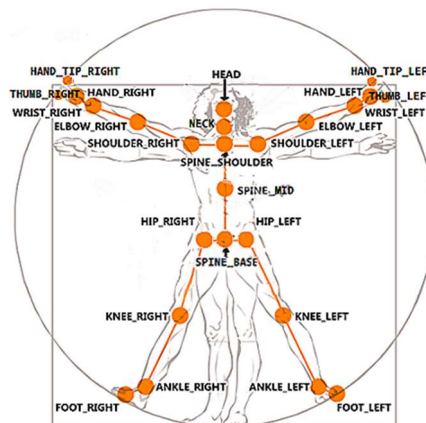


図1 Kinectから取得可能な関節位置

した基点・操作点の延長線上と、スクリーン平面との交点をポインティング位置としている。本研究では、この Remote Touch Pointing を利用し、大画面における立位、座位のポインティングジェスチャーに差異があらわれるかを検証する。

大画面における立位、座位のポインティングジェスチャーを記録するために、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1に Kinect から取得可能な関節位置を示す[5]。本研究では、立位と座位のどちらの姿勢でも取得可能な関節位置を基点・操作点の候補とした。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) 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) 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」と定義する。また、関連研究である Remote Touch Pointing[4]と同様に、基点・操作点の延長線上とスクリーン平面との交点を本研究における「ポインティング位置」と定義する。

本実験では、大画面における立位、座位のポインティングジェスチャーに差異があらわれるかを検証するために、34名の大学生を対象にしたジェスチャーの記録実験を実施した。まず、実験実施者が参加者に対し、記録実験の概要と Remote Touch Pointing の原理について説明を行った。その後、参加者に利き手の確認を行った結果、今回の実験では参加者全員が右利きと回答した。

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 アンカーデザイン株式会社, ANKR DESIGN Inc.
4 ドコモ・システムズ株式会社,
DOCOMO Systems, Inc.
5 株式会社 DNP デジタルソリューションズ,
DNP Digital Solutions Co., Ltd.
6 NTT テクノクロス株式会社,
NTT TechnoCross Corporation

図 2 に記録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、座位において 9 タイルをポインティングするタスクを実施した。そして、各タイルをポインティングした際に、ポインティングしたタイルの中央座標に最も近いと感じたジェスチャーを直観的に回答した。その後、実験実施者が参加者にジェスチャーの確認を行い、その関節番号を記録用紙に記入した。

2.1 実験環境

ジェスチャーの記録実験において使用した実験機器を以下に示す。

- Kinect for Windows v2
- 短焦点プロジェクター：RICOH IPSiO PJWX4130N

実験環境のレイアウトを図 3 に示す。ポインティング先となるスクリーンのサイズは 2.4m × 3.3m に設定し、スクリーンから前方 1.3m の位置に Kinect を設置した。また、タスク実施時における参加者の行動可能範囲を「参加者エリア」と定義し、スクリーンから前方 3.0m の位置に 0.4m × 0.4m の正方形を設定した。記録実験において、参加者はこの参加者エリアから出ることなくタスクを実施する。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、ポインティングタスクを実施した。

2.2 ポインティングタスク

ジェスチャーの記録実験において、参加者はスクリーン上に示したタイルをポインティングするタスクを、立位と座位それぞれにおいて実施した。図 4 にポインティング時のタスク画面とポインターの様子を示す。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 つの正方形のタイルを配置している。スクリーン上に表示された各タイルサイズは、Windows8・10 のタイルサイズに基づき 120px × 120px の正方形に設定した。記録実験において、参加者は始めに中央タイル (Tile5) をポインティングした。これは、Kinect が参加者の関節を認識し、ポインティングが可能かどうかを確認するためである。その後、参加者は左上 (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。

参加者がスクリーンをポインティングした際に、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 個のポインターが表示される。このポインターは、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によって構成されている。参加者は各タイルをポインティングした際に、ポインティングしたタイルの中央座標に最も近いと感じたポインターを直観的に選択した。その後、実験実施者が参加者の選択したポインターを確認し、その基点と操作点の関節番号を記録用紙に記入した。

2.3 立位・座位におけるジェスチャーの差異

立位、座位におけるジェスチャーに差異があらわれるかを検証するために、ジェスチャーの記録実験の記録から、参加者が選択したジェスチャーを姿勢ごとに集計した。集計方法は、まず、参加者ごとに Tile1 から Tile9 までのジェスチャーを集計し、その 9 タイル分のデータから各姿勢に

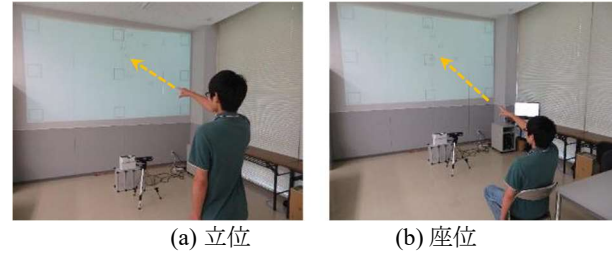


図 2 記録実験におけるポインティングの様子

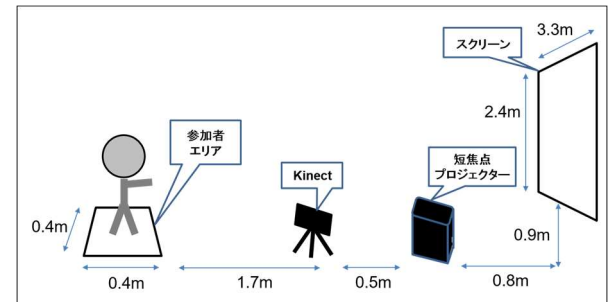


図 3 実験レイアウト

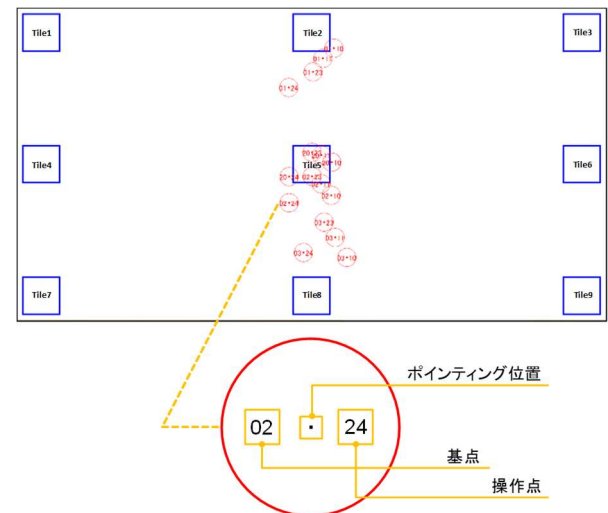


図 4 ポインティング時のタスクとポインター

におけるジェスチャーの最頻値を算出する。そして、この最頻値を参加者のジェスチャーとして設定し、参加者 34 名の立位のジェスチャーと座位のジェスチャーをそれぞれ集計した。

図 5 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。記録実験において、最も多くの参加者が選択したジェスチャーは HEAD × THUMB RIGHT の組み合わせであった。立位は 12 人 (35%)、座位は 14 人 (41%) の参加者が HEAD × THUMB RIGHT の組み合わせを選択している。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 × HAND TIP RIGHT の組み合わせであった。立位は 8 人 (24%)、座位は 10 人 (29%) の参加者が HEAD × HAND TIP RIGHT の組み合わせを選択している。これらの結果から、立位と座位において、参加者が選択したジェスチャーの順位に大きな変化は見られなかった。

立位, 座位におけるジェスチャーに差異があらわれるかをより詳しく分析するために, 参加者が立位と座位において選択したジェスチャーの変化を分析した. 分析の結果, 立位と座位の姿勢変化において, 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, 38%の参加者が立位と座位において, ポインティングする際に異なるジェスチャーを選択していることが明らかとなった.

3. ポインティング位置ごとのジェスチャー角度

ポインティング位置ごとの相対的な差異があらわれた要因として, ジェスチャー角度に着目した. ジェスチャー角度とは, 基点と操作点からなる角度のことである.

立位と座位におけるジェスチャー角度の差を分析するために, 各タイルにおける上下のジェスチャー角度を算出した. 算出方法は, 各タイルにおける参加者が選択したジェスチャーの x 座標, y 座標, z 座標に対し, 逆正接 atan を用いて 2 次元の角度を算出した. この角度を算出する際に, 上下のジェスチャー角度を求める場合は y 座標と z 座標, また, 参加者が選択した基点の位置を 0 度と設定し, 基点より左側を x 座標マイナス, 右側を x 座標プラス, 上側を y 座標プラス, 下側を y 座標マイナス, 前方を z 座標とした.

また, 本研究では, ジェスチャー角度による影響をより分かりやすく示すために, 仮想的な参加者モデルを作成した. 仮想的な参加者モデルは, 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 に設定している. さらに, 立位における頭部位置を地面から 1.7m, 座位における頭部位置を地面から 1.3m と仮定し, その数値を元に実験風景の縮図を作成した. 図 6 に実験風景の側面図を示す. 図 6 には, 立位におけるジェスチャー検出範囲を点線, 座位におけるジェスチャー検出範囲を丸点線で示している. また, 図 6 には, 仮想的な参加者モデルの数値を用いて算出したジェスチャー角度それぞれを示した.

表 1 に各タイルにおける上下のジェスチャー角度の平均を示す. 図 6 と表 1 より, 座位の姿勢において高い位置のタイルをポインティングする場合, 立位の場合と比較して, より大きなジェスチャー角度が必要となることが明らかとなった. 表 1(a)(b)より, Tile1 から Tile3 の平均値をタスク上部のジェスチャー角度として算出した. その結果, 立位のジェスチャー角度が 21.0 度, 座位のジェスチャー角度が約 27.3 度となった. また, Tile1 から Tile9 の角度差の平均値を算出した結果, 立位と座位におけるジェスチャー角度の差は約 7.3 度であった. これらの結果から, スクリーン上のポインティング位置ごとに相対的なジェスチャーの差異があらわれた要因として, 上下のジェスチャー角度が影響している可能性があることが明らかとなった.

4. 上下のジェスチャー角度についての考察

3 章より, ポインティング時の参加者のジェスチャー角度には, 上下のジェスチャー角度の差が存在することが明らかとなった. そこで, 本研究では, この上下のジェスチャー角度の差があらわれた要因について考察する. そのために, 各タイルにおける上下のジェスチャー角度を基点と操作点の種類ごとに算出した.

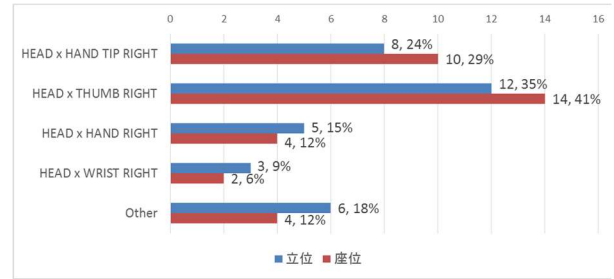


図 5 各ジェスチャーを選択した参加者数

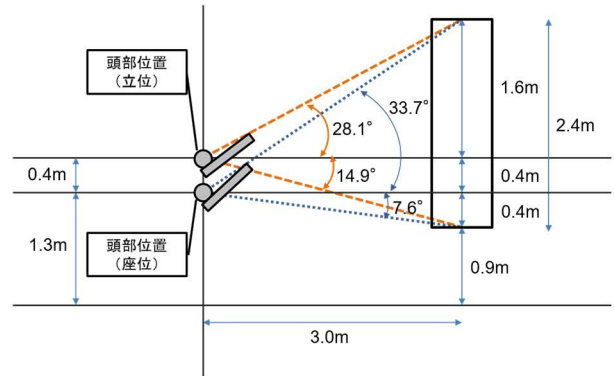


図 6 実験風景の側面図

表 1 各タイルにおける上下のジェスチャー角度の平均 (a) 立位

Tile1 :	21.5	Tile2 :	20.9	Tile3 :	20.8
Tile4 :	9.0	Tile5 :	8.4	Tile6 :	8.3
Tile7 :	-4.8	Tile8 :	-4.4	Tile9 :	-5.6

(b) 座位

Tile1 :	27.6	Tile2 :	27.3	Tile3 :	27.1
Tile4 :	16.1	Tile5 :	15.7	Tile6 :	15.5
Tile7 :	4.2	Tile8 :	4.0	Tile9 :	2.4

表 2 に基点と操作点ごとの上下のジェスチャー角度の平均と人数を示す. セル内の上の数値は角度, 下の数値は各タイルにおいてそのジェスチャーを選択した参加者数を示している. 表 2(a)(b)より, Tile1 から Tile6 をポインティングする場合, NECK × HAND TIP RIGHT がより大きなジェスチャー角度を必要とし, HEAD × HAND TIP RIGHT が大きなジェスチャー角度を必要としないことが明らかとなった. また, Tile7 から Tile9 をポインティングする場合, HEAD × HAND TIP RIGHT がより大きなジェスチャー角度を必要とし, NECK × HAND TIP RIGHT が大きなジェスチャー角度を必要としないことが明らかとなった. これらの結果から, 上下のジェスチャー角度は基点に大きく依存している可能性があることが明らかとなった. これは, 今回の記録実験で利用した Remote Touch Pointing が, 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ことが影響していると考えられる.

本研究では, スクリーン上のポインティング位置ごとに相対的なジェスチャーの差異があらわれた要因を考察した.

表2 基点と操作点ごとの上下のジェスチャー角度の平均と人数
(a) 立位

	Tile1	Tile2	Tile3	Tile4	Tile5	Tile6	Tile7	Tile8	Tile9
HEAD × HAND TIP RIGHT	20.6 (12)	20.2 (10)	20.0 (9)	8.5 (7)	8.0 (9)	7.1 (7)	-6.1 (5)	-5.0 (2)	-6.2 (4)
HEAD × THUMB RIGHT	21.5 (12)	19.8 (10)	20.9 (7)	8.9 (11)	8.4 (13)	8.2 (9)	-4.7 (15)	-4.6 (22)	-5.1 (8)
HEAD × HAND RIGHT	21.8 (3)	22.1 (6)	20.2 (8)	8.6 (6)	8.1 (5)	7.9 (8)	-5.7 (3)	-4.4 (4)	-5.7 (9)
HEAD × WRIST RIGHT	21.3 (2)	21.5 (1)	20.2 (4)	8.1 (4)	5.4 (2)	8.6 (5)	-4.0 (5)	-0.8 (1)	-5.3 (8)
NECK × HAND TIP RIGHT	24.5 (2)	23.6 (3)	23.6 (2)	11.6 (4)	11.9 (1)	11.8 (1)	-4.1 (1)	-2.6 (2)	-4.5 (2)
Others	(3)	(4)	(4)	(2)	(4)	(4)	(5)	(3)	(3)

(b) 座位

	Tile1	Tile2	Tile3	Tile4	Tile5	Tile6	Tile7	Tile8	Tile9
HEAD × HAND TIP RIGHT	27.4 (13)	27.3 (9)	26.5 (9)	15.2 (12)	15.6 (12)	14.8 (10)	3.8 (7)	2.2 (4)	1.6 (3)
HEAD × THUMB RIGHT	27.5 (9)	26.4 (13)	26.9 (10)	16.1 (13)	15.0 (14)	15.4 (11)	3.0 (13)	3.9 (18)	2.2 (6)
HEAD × HAND RIGHT	27.1 (4)	27.6 (5)	26.8 (7)	16.0 (3)	16.6 (3)	15.3 (3)	1.7 (4)	4.6 (6)	1.8 (12)
HEAD × WRIST RIGHT	27.3 (4)	27.0 (1)	26.8 (3)	16.7 (2)	15.8 (1)	15.2 (5)	7.7 (4)	4.0 (1)	2.4 (8)
NECK × HAND TIP RIGHT	29.8 (2)	28.4 (2)	28.3 (2)	19.1 (1)	17.8 (1)	18.3 (1)	16.8 (1)	4.2 (1)	—
Others	(2)	(3)	(3)	(3)	(3)	(4)	(5)	(4)	(5)

その結果、ポインティング時の対象物と参加者の基点からなる角度が大きく影響している可能性が考えられる。立位から座位といったように姿勢が変化した場合、基点の位置が上下で変化する。また、ポインティングするタイル（対象物）が変化した場合、操作点の位置が上下左右で変化する。記録実験では、これらの変化がジェスチャーの差異の要因として影響したと考えられる。そのため、今後はポインティング時における参加者の腕の角度に着目し、上下や左右で腕の移動量が均等になるタスクを検討する必要がある。

5. まとめ

本研究では、大画面における立位、座位のポインティングジェスチャーに差異があらわれるかを検証するために、大学生 34 名を対象に記録実験を実施した。そして、記録実験によって記録した参加者のジェスチャーを集計し、姿勢によるジェスチャーの変化を分析した。その結果、38%の参加者が立位と座位において、ポインティングする際に異なるジェスチャーを選択していることが明らかとなった。

また、上下のジェスチャー角度を分析した結果、上下のジェスチャー角度には約 7.3 度の角度差があることが明らかとなった。この結果から、スクリーン上のポインティング位置ごとに相対的なジェスチャーの差異があらわれた要因として、上下のジェスチャー角度が影響している可能性が考えられる。

今後の課題としては、ジェスチャー角度の分析結果を、統計処理を用いて差分を明確にすることが必要である。

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）の助成により実施した。

参考文献

- [1] “ナチュラルユーザーインターフェースに関する調査”, www.t-kougei.ac.jp/static/file/nui.pdf (2018/01/09).
- [2] 井村 誠孝, 武田 直之 他, “VR空間における操作者の姿勢に基づく指示方向推定”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No.3, pp.1307-1315 (2007).
- [3] 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).
- [4] 渡辺 恵太, 中道 上 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の提案と評価”, HCG シンポジウム 2014 論文集, pp.545-552 (2014).
- [5] “Joint Type Enumeration”, <https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/microsoft.kinect.jointtype.aspx>, (2017/11/25).