

立位・座位によるポインティングジェスチャーの差異

Differences of pointing gestures by a standing position and a sitting position

杉原 慶哉¹
Keiya Sugihara

中道 上¹
Noboru Nakamichi

渡辺 恵太²
Keita Watanabe

山田 俊哉³
Toshiya Yamada

1. はじめに

指差しなどのジェスチャーを利用した指差しインタフェースの研究は広く行われている。指差しのジェスチャーとして井村ら[1]は、指示対象が近距離で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で近似できることが報告されている。また、Kinect v1 センサーを利用した発表者のポインティング位置を聴講者が容易に推定可能なプレゼンテーション支援システム、Remote Touch Pointing[2]では、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報告されている。しかし、それらの技術は立位での利用を想定されており、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の検証を行うために、評価実験を実施し、その結果を分析した。その結果、立位、座位の姿勢の違いによる差があるとは言えないことを明らかにした。この結果より、今後、立位を想定したポインティングジェスチャー操作を座位へ応用する場合、姿勢による差異を考慮する必要がなくなることが明らかとなった。また、Remote Touch Pointing の利用時に設定する基点と操作点の組み合わせとして、HEAD と HAND TIP RIGHT の組み合わせを設定することが望ましいことが明らかとなった。

2. 関連研究

身振り手振りをジェスチャーとして認識し、直接電子機器への入力方法とする研究が行われている。そしてより自然でより直観的なインタラクション方式として NUI: Natural User Interface[3]が提唱されている。特に指差しなどのジェスチャーを利用した指差しインタフェースの研究は広く行われている。

画像認識によるジェスチャー認識で指差しする場合、姿勢により体内部にある基準点が移動してしまう[10]、また人間の空間認知特性により、実空間と認識空間には誤差が存在しており[4]、一意に指示位置を推定することは困難である。また画像認識では、ノイズ等の外乱や計測位置の誤差が計測精度に大きく影響する。しかし、指差しインタフェースを視覚に基づいたフィードバック制御系とみなすことにより精度の向上が報告されており[5]、今後、Kinect をはじめとするセンサーの精度の向上とともに利用が広がることが期待される。

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、本研究では 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。Remote Touch Pointing は Kinect を用いて認識されたユーザーの体の一部を基点、操作点とし、それらの2点の延長線上をポインティング位置とする直感的なポインティング手法である。Kinect から取得可能な基点と操作点の候補となる関節を図1に示す。今回、基点は体の中心線上にあり、評価実験の際に使用した Kinect から関節の座標を得ることが可能な関節と関節番号として HEAD (3), NECK (2), SPINE SHOULDER (20), SPINE MID (1), SPINE BASE (0) の5箇所を基点の候補とした。また、操作点は Kinect で座標を得ることが可能な関節と関節番号として HAND TIP RIGHT (23), THUMB RIGHT (24), HAND RIGHT (11), WRIST RIGHT (10) の4箇所を操作点の候補とした。

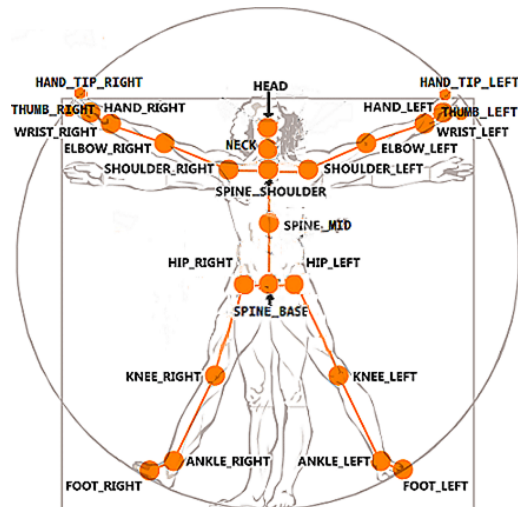


図1 Kinect から取得可能な関節点

被験者に対し Remote Touch Pointing のポインティングの原理を説明した上で、立位、座位の両方でタスクを実施してもらった。各姿勢でタスクを実施してもらう際にアンケートによる基点、操作点の評価を行った。被験者は34名の大学生で、全員右利きであった。

タスクを実施してもらうにあたり、被験者番号が偶数の被験者は立位から、奇数の被験者は座位からタスクを実施した。そして、正方形のタイルごとに被験者の指し示しやすいと考えられるポインターの番号をアンケート用紙に記入した。

3.1. 実験環境

評価実験で使用した実験環境は以下の通りである。

1 福山大学工学部
2 DNP 情報システム株式会社
3 NTT アイティ株式会社

- PC : OS Windows8.1
: CPU Intel Core i7-4790
: メモリ 8.00GB
- Kinect for Windows v2
- 短焦点プロジェクター : RICOH IPSiO PJWX4130N

図 2 に実験機器を設置したレイアウトを示す。評価実験では、被験者に被験者エリアである $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ の正方形のエリアから出ることなく立位と座位の両方の姿勢でタスクを実行してもらった。立位の場合は被験者エリアから出る事がないように被験者に立つように依頼し、座位の場合は被験者エリアと同じサイズであるパイプ椅子を設置し、座りながらタスクを実行してもらった。図 3 にタスク実行風景を示す。

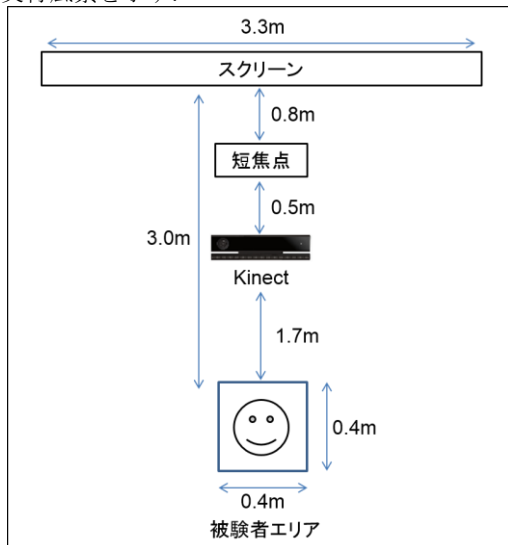


図 2 実験レイアウト

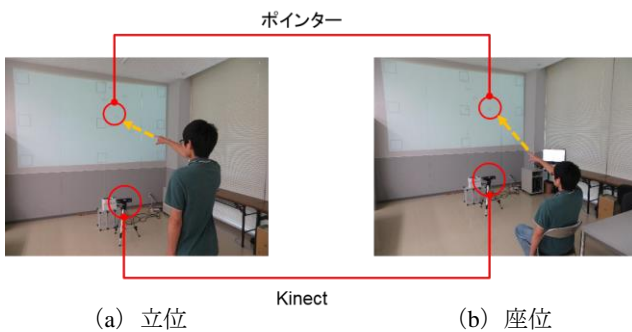


図 3 タスク実行風景

3.2. タスク

実験時に被験者にタスクを実施してもらった。図 4 にタスクに使用したスクリーン上の画面を示す。タスク上に表示された 9 つの四角形の大きさはそれぞれ 120px の正方形であり、Windows8 のタイルサイズに設定しており、Windows8 の画面を表示した場合のタイルのみ表示した配置となっている。また、被験者が画面をポインティングした際、基点と操作点の計 20 パターンの組み合わせを示した番号を表すポインターがスクリーン上に表示される。基点と操作点を示す番号は Kinect に標準で設定された各関節の番号を使用した。図 5 にスクリーン上に表示された

ポインターを示す。また、被験者にとって利用する機会の少ない非接触操作に少しでも慣れてもらうために、最初にタスク中央の正方形をポインティングするように依頼した。

タスク実施時は、最初にタスクとしてスクリーン上に表示した 9 つの正方形の中から中央の正方形 (Tile5) のみを最初に指し示してもらい、次に、9 つの正方形を左上 (Tile1) から右下 (Tile9) まで Z の動きで順番にポインティングするように依頼した。

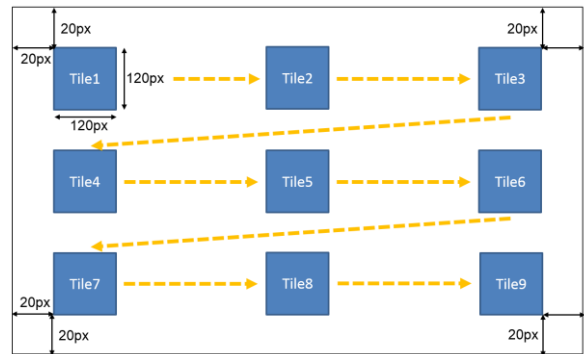


図 4 タスク

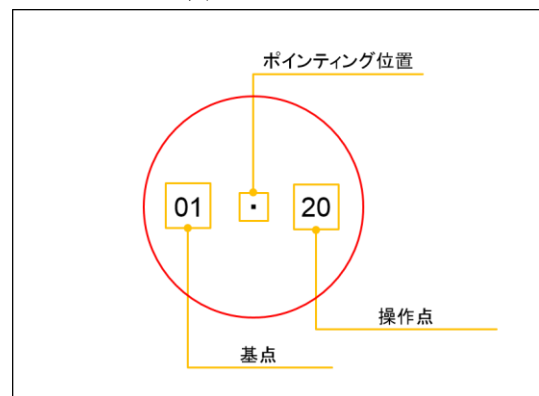


図 5 表示されるポインター

4. 実験結果と分析

評価実験で被験者から収集したアンケートをもとに、立位と座位における基点、操作点、基点と操作点の組み合わせ (以下、組み合わせと呼ぶ) の 3 点についてそれぞれ集計し、分析を行った。

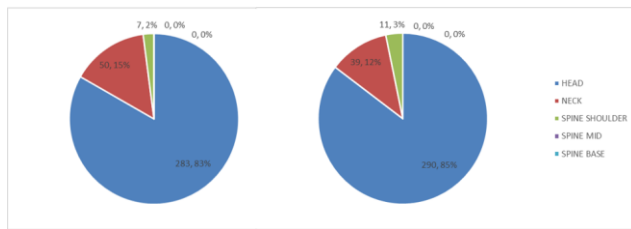
集計方法は、タスク実施時の中央 1 点と各四角形 9 点の合計 10 点を使用し、カウント数が最も多い基点、操作点をそれぞれ算出した。また、被験者ごとの立位と座位での関節の変化がない場合、変化がある場合の数をそれぞれカウントすることで姿勢の違いによる基点、操作点の変化の比率を算出した。

分析の結果、立位と座位において基点、操作点の比率に大きな差は見られなかった。これらの結果から、ポインティング時の利用者の姿勢による基点、操作点の違いは少ないことが明らかとなった。基点、操作点についての詳細な分析結果は 4.1 節から 4.2 節で述べる。また、最も選ばれた基点が HEAD、操作点が THUMB RIGHT であることが明らかとなった。また、組み合わせは基点を HEAD、操作点を THUMB RIGHT とした場合であることが明らかとなった。

4.1. 基点の分析

評価実験で被験者から収集したアンケートをもとに、各基点を選択した被験者数と比率を算出し、立位と座位における各基点の変化について分析を行った。図 6 に各基点を選択した被験者数と比率、図 7 に姿勢の違いによる基点変化の被験者数と比率をそれぞれ示す。

図 6, 図 7 より、立位と座位で姿勢が変わっても被験者の最も指し示しやすいと感じた基点の割合は大きく変化しないことが明らかとなった。これらの結果から、基点において、立位、座位の姿勢の変化による差があるとは言えない可能性が高いことが明らかとなった。



(a) 立位 (b) 座位
図 6 各基点を選択した被験者数と比率

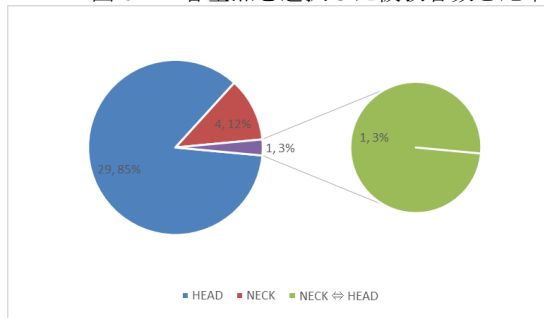
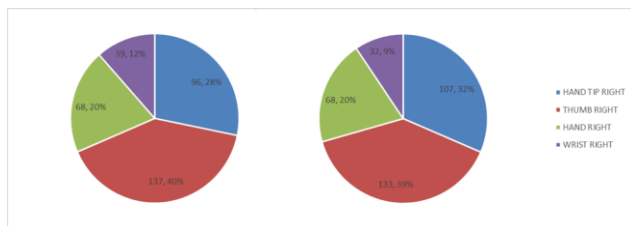


図 7 姿勢の違いによる基点変化の被験者数と比率

4.2. 操作点の分析

評価実験で被験者から収集したアンケートをもとに、各操作点を選択した被験者数と比率を算出し、立位と座位における各操作点の変化について分析を行った。図 8 に各操作点を選択した被験者数と比率、図 9 に姿勢の違いによる操作点変化の被験者数と比率をそれぞれ示す。

図 8, 図 9 より、立位と座位で姿勢が変わっても被験者の最も指し示しやすいと感じた操作点の割合は大きく変化していないことが明らかとなった。また、図 9 より、基点と比較して 36%と変化はあったが、統計的に見ると大きな変化があったとは言えない。これらの結果から、操作点において、立位、座位の姿勢の変化による差があるとは言えない可能性が高いことが明らかとなった。



(a) 立位 (b) 座位
図 8 立位における各操作点の被験者数と比率

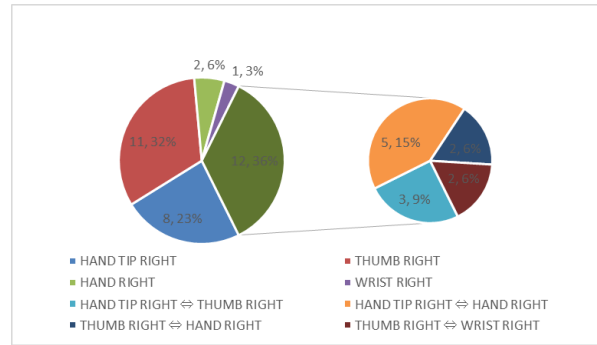


図 9 姿勢の違いによる操作点変化の被験者数と比率

4.3. 基点・操作点の組み合わせの分析

基点と操作点において、4.1 節、4.2 節より、最も多くの被験者が選択した基点が HEAD、操作点が THUMB RIGHT であることが明らかとなった。また、基点、操作点の組み合わせをより明確にするために、評価実験で被験者から収集したアンケートをもとに、各組み合わせを選択した被験者数と比率を算出し、立位と座位における組み合わせの変化について分析を行った。算出方法は、立位と座位での組み合わせのカウント数を統合し、算出した。図 10 に各組み合わせを選択した被験者数と比率を示す。

図 10 より、最も選択された組み合わせは、基点を HEAD、操作点を THUMB RIGHT とした場合であることが明らかとなった。

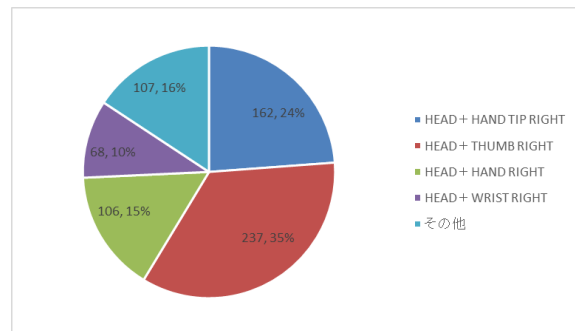


図 10 各組み合わせを選択した被験者数と比率

5. 考察

評価実験における分析結果から、立位と座位の両方において最も選ばれた操作点が THUMB RIGHT、次に HAND TIP RIGHT となった。この結果から、操作点として設定すべき部位は THUMB RIGHT や HAND TIP RIGHT であることが明らかとなった。操作点が THUMB RIGHT や HAND TIP RIGHT となった要因について考察するために、立位、座位での操作点の変化と被験者の手形状の分析を行った。

5.1. 立位・座位での操作点の変化

操作点が THUMB RIGHT や HAND TIP RIGHT となった要因について、立位、座位での操作点の変化を分析した。今回は操作点の中でも、多くの被験者に選択された THUMB RIGHT と HAND TIP RIGHT に注目して分析を行った。

図9より、姿勢の違いにより変化しなかった操作点の比率は64%、変化した操作点の比率は36%となった。変化しなかった操作点の比率のうち、THUMB RIGHTが32%、HAND TIP RIGHTが23%であった。次に、変化した操作点の比率のうち、THUMB RIGHTを含む比率が21% (= HAND TIP RIGHT ⇔ THUMB RIGHT 9% + THUMB RIGHT ⇔ HAND RIGHT 6% + THUMB RIGHT ⇔ WRIST RIGHT 6%)、HAND TIP RIGHTを含む比率が24% (= HAND TIP RIGHT ⇔ THUMB RIGHT 9% + HAND TIP RIGHT ⇔ HAND RIGHT 15%)であった。これらを合計すると、THUMB RIGHTが選ばれた比率は53%、HAND TIP RIGHTが選ばれた比率は48%となる。この結果から、THUMB RIGHTとHAND TIP RIGHTには選ばれる操作点として大きな差があるとは言えないと考えられる。

5.2. 被験者の手形状の分析

多くの被験者に選択された操作点である THUMB RIGHT と HAND TIP RIGHT についての特徴を分析するために、被験者の実験時の手形状を分類した。分類方法として、実験時に被験者側面からデジタルカメラを用いて撮影した側面写真と Kinect 内のカメラを用いて撮影した正面写真を合わせて分析し、分類を行った。まず、全被験者 34 名を指差し型と平手形に分類した。その結果、指差し型が 21 名、平手形が 13 名と、指差し型が 8 名多いという結果が明らかとなった。次に、指差し型の被験者 21 名を親指が手の他の部分に触れているかどうかで指差し I 字型（親指が手に触れている）と指差し L 字型（親指が手に触れていない）に分類した。その結果、指差し I 字型が 14 名、指差し L 字型が 7 名と、指差し I 字型が 7 名多い結果となった。図 11 に各手形状の例として被験者の手形状の写真、図 12 に各手形状の比率を示す。評価実験において、被験者にはポインティング時の手の形状は指示していないため、被験者各々が最もポインティングしやすと感じた手の形状でポインティングを行っていると考えられる。



(a) 指差しI字型 (b) 指差しL字型 (c) 平手型
図 11 各手形状の例

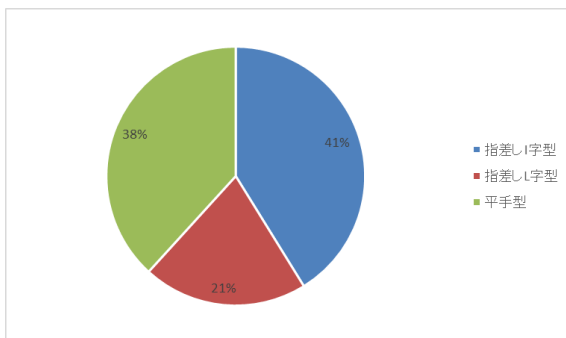


図 12 各手形状の割合

この分析の結果、実験結果から最も有効な操作点となった THUMB RIGHT は人によって、その位置に個人差があることが明らかとなった。一方、もう1つの指の操作点である HAND TIP RIGHT はどの手形状においても個人差が少なく、一般的に使用することを想定して操作点を設定するには THUMB RIGHT より HAND TIP RIGHT を設定することが望ましいと言える。本来であれば個人ごとにより操作点を設定することが望ましいが、一般的に利用するために固定する場合には HEAD と HAND TIP RIGHT を基点、操作点として設定することによって、多くの利用者に対応できると考えられる。

6. まとめ

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の検証を行った。大学生 34 名に対して評価実験を実施し、被験者から収集したアンケートをもとに、立位と座位におけるの基点、操作点、それらの組み合わせについて分析を行った。

立位、座位の両方の姿勢において、被験者が選択した基点と操作点の変化の比率を分析した結果、ポインティング時に立位、座位の姿勢の違いによる大きな差があるとは言えないことが明らかとなった。この結果より、今後、立位を想定したポインティングジェスチャー操作を座位へ応用する場合、姿勢による差異を考慮する必要がなくなることが明らかとなった。

最も多くの被験者が選択した基点と操作点の組み合わせが HEAD と THUMB RIGHT、次に HEAD と HAND TIP RIGHT であった。被験者の評価実験時の手形状の分析を行った結果、指差し I 字型、指差し L 字型、平手型の 3 つに分類可能であった。その結果、THUMB RIGHT はその位置に個人差があるため、一般的に用いる場合には HAND TIP RIGHT を用いることが望ましいと考えられる。

今後の課題として、基点と操作点の組み合わせとしての分析を行う必要があると考えられる。また、被験者のポインティング移動量を用いた定量的な分析を行うことについても検討する必要があると考えられる。

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）の助成により実施した。

参考文献

- [1] 井村誠孝, 武田直之, 佐々木博史, 安室喜弘, 眞鍋佳嗣, 千原國宏, “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).
- [2] 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, pp. 545-552 (2004).
- [3] 吉田千里, 乾敏郎, “ポインティング動作に基づく空間認知特性の検討”, 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 24, No. 51, pp. 9-16 (2000).
- [4] 保澤圭亮, 吉本廣雅, 近藤一晃, 小泉敬寛, 中村裕一, “人間の視覚・運動特性を考慮した指差し支援インタフェース”, HCG シンポジウム 2013 論文集, pp. 18-25 (2013).