

ディスプレイ上に表示されるボタンに対する 非接触滞留ジェスチャによる選択性能の調査

三縄 香織^{†1} 漆山 裕太^{†1} 日高 拓真^{†2} 志築 文太郎^{†3}

筑波大学 コンピュータサイエンス専攻^{†1} 筑波大学 情報メディア創成学類^{†2} 筑波大学 システム情報系^{†3}

1 はじめに

公共空間に設置されている機器（例：自動販売機、券売機）に用いられるタッチスクリーンに表示される仮想的なボタンは接触式である。一方、手指をかざす（以降、滞留ジェスチャ）ことでボタンが選択できれば、機器に手を触れず操作できるため、衛生面において有用である。

ただし、実利用時には複数の近接するターゲットの中から1つを選択するため、近接するターゲットへの誤選択を減らす必要がある。そこで我々は、ディスプレイ上に複数個表示されるボタンに対して1つ1つを素早く正確に選択可能な滞留ジェスチャのパラメータ、ボタンの形状およびボタン間の幅について調査した。

2 関連研究

ターゲットの選択精度について調査された論文は多く存在する。Holz&Baudisch [3] はユーザがタッチする位置およびシステムが検出するタッチの位置の誤差を調査した。その後、調査結果を用いて、ターゲットの選択精度を向上させた。Kumar ら [4] はシステムが検出するタッチの位置の精度を向上させるために、深層学習を利用した。Henze ら [1, 2] は、ターゲットのサイズおよび位置に対してユーザがタッチする位置を調査した。その結果、調査を実施した全ての携帯端末においてタッチ位置が規則的に右下方向へと偏っていることを明らかにした。岩瀬・北岡 [6] は、ターゲットの形状および大きさに対するターゲットの選択精度を調査した。結果として、正方形、縦長短形、および横長短形のうち、正方形が最も精度が高いことを示した。Vogel&Balakrishnan [5] は、空中ジェスチャを用いてターゲットを選択する手法を複数提案し、それぞれの手法に対して、ターゲットの選択精度を調査した。

本論文では、滞留ジェスチャにて近接するターゲットを選択する状況に着目し、ターゲットのサイズや位置などのパラメータに対する選択精度を調査する。

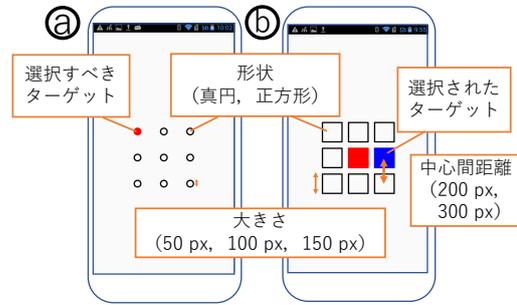


図1: 実験アプリケーションの画面。a: ターゲットを選択する前の画面。b: ターゲットを選択した後の画面。

3 実験

実験にはタッチスクリーン上空の指の位置を検出可能なスマートフォンであるパナソニック ELUGA P P-03E を用いた。実験中、実験参加者は椅子に着座し、事前に操作しやすいと感じる机上の位置に設置したスマートフォンを非接触にて操作した。

実験タスクとして、実験参加者はスマートフォンに表示されるターゲット上にて指を滞留させることによる選択操作を行った。実験用アプリケーションは、指定された許容速度以内にて指定された滞留時間だけ指を留めたときターゲットが選択されたと認識する。

実験の独立変数として、ターゲットの形状ならびに大きさ、隣接するターゲット中心間の距離、指定されるターゲットの行ならびに列、および非接触滞留ジェスチャの判定に用いる滞留時間ならびに許容速度をそれぞれ変化させながら選択操作が行われた。

選択すべきターゲットは赤色にて表示され、その他のターゲットは黒のアウトラインにて表示される（図1a）。ターゲットが選択されると1秒間青色に変化した後、画面全体が次の選択すべきターゲットを示す表示に切り替わる（図1b）。

実験参加者は、練習タスクおよび計測タスクを順に行った。練習タスクでは、独立変数の組み合わせをランダムに変化させながら、中央のターゲットを滞留ジェスチャにより選択させ、慣れるまで最大10分の選択操作を行ってもらった。続く計測タスクでは、滞留時間および許容速度の組み合わせ毎に計9セッションを設けた。セッション間に、実験参加者は日本語版簡便

Investigation of selection performance of non-contact dwell gesture for screen buttons

^{†1} Kaori Minawa, ^{†1} Yuta Urushiyama, ^{†2} Takuma Hidaka, ^{†3} Buntarou Shizuki

^{†1} Department of Computer Science, University of Tsukuba

^{†2} College of Media Arts, Science and Technology, University of Tsukuba

^{†3} Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

法 NASA-TLX [7] に基づくアンケートへ記入した後、1分以上最大5分の休憩をとった。なお、滞留時間および許容速度の組み合わせは実験参加者間にてラテン方格により順序効果を除いた。各セッションでは、ターゲットの形状、大きさおよびターゲット中心間の距離の組み合わせ毎に計12ブロックを設けた。各ブロックでは、3行3列いずれかの位置に表示されるターゲットがランダムな順にて重複なしに計9回選択された。これらの計測タスクを通して、実験参加者1人あたり計 $9 \times 12 \times 9 = 972$ 回の選択に要した時間（選択時間）および指定されたターゲットの選択の成否（選択精度）を計測した。計測タスク終了後、実験参加者は属性および実験の感想に関するアンケートに回答した。

実験参加者は研究室の学生9名（21–26歳、平均23.7歳）である。実験参加者9名のうち2名は日常生活における利き手が左利きだったものの、実験時には全員が右手にて操作を行った。実験参加者のスマートフォン使用歴は80–120ヶ月（平均95.8ヶ月）であり、全員が非接触の操作の使用経験はなかった。

4 実験結果

実験により得られた計8748件のデータについて、主要な独立変数毎の選択時間および選択精度を表1に示す。以降では有意水準を5%とする。多変量分散分析より、列以外のすべての独立変数に対して選択時間に対する主効果がみられた。ウェルチのt検定に基づくボンフェローニ補正を用いた多重比較の結果と総合すると、ターゲットの形状が正方形の場合、ターゲットの大きさが比較的大きい場合、ターゲットの中心間の距離が200pxの場合、選択すべきターゲットの行が下側の場合、滞留時間が短い場合、および許容速度が大きい場合、それぞれ有意に選択時間が短かった。また、多重比較のすべての対において有意差が検出された独立変数のうち、ターゲットの大きさ、中心間の距離、滞留時間および許容速度は比例尺度である。これらに対して同じく比例尺度である選択時間とのピアソンの積率相関係数に基づく無相関検定を行ったところ、いずれも有意な相関がみられた（それぞれ $p = 1.8 \times 10^{-53}$, 2.6×10^{-3} , 1.8×10^{-56} , 1.5×10^{-25} ）。

セッション間のアンケートから算出した主観的作業負荷（AWWL: Adaptive Weighted Work Load [7]）は平均44.9（標準偏差19.3）であり、主観的作業負荷に対する滞留時間および許容速度の主効果はみられなかった（ $p = 0.32$ および 0.26 ）。

表1: 主要な独立変数毎の選択時間および選択精度。

独立変数	選択時間 [s]		主効果	選択精度			選択精度		
	平均	標準偏差		多重比較			主効果	平均	標準偏差
形状				—	—	—	n.s.	0.9806	0.1381
真円	3.627	4.852	***	—	—	—		0.9783	0.1458
正方形	3.243	2.671		—	—	—			
大きさ				50 px	100 px	150 px			
50 px	4.417	6.161	***	—	*	*	**	0.9866	0.1192
100 px	3.041	2.267		***	—	n.s.		0.9770	0.1499
150 px	2.847	1.251		***	***	—		0.9757	0.1542
中心間距離				—	—	—			
200 px	3.309	3.700	**	—	—	—	n.s.	0.9806	0.1381
300 px	3.561	4.127		—	—	—		0.9783	0.1458
滞留時間				200 ms	600 ms	1000 ms			
200 ms	2.598	2.647	***	—	***	***	***	0.9451	0.2278
600 ms	3.495	4.520		***	—	n.s.		0.9955	0.06663
1000 ms	4.212	4.170		***	***	—		0.9976	0.04894
許容速度				0.1 px/s	0.5 px/s	1.0 px/s			
0.1 px/s	4.100	5.756	***	—	*	n.s.	n.s.	0.9849	0.1219
0.5 px/s	3.202	2.807		***	—	n.s.		0.9753	0.1552
1.0 px/s	3.002	2.106		***	**	—		0.9781	0.1465
全体	3.435	3.921		有意水準: n.s. ≥ 0.05 * ≥ 0.01 ** ≥ 0.001 ***			0.9794	0.1420	

5 おわりに

表1から、滞留時間について、200msの場合は選択精度が他よりも低かった一方、600msおよび1000msの場合、これらの間には有意な差が無いことが分かった。したがって、今回の実験条件においては選択時間を短くするためには滞留時間を600msとすることが妥当だと考えられる。また、許容速度について、0.5px/sおよび1.0px/sの場合は選択時間が0.1px/sより有意に短く、0.1px/sの場合は選択精度が他の条件より高いものの、選択時間が長くなった。以上のことから実装の際には許容速度を0.5px/s–1.0px/sにて調整する必要がある。

今後の課題として、滞留以外のジェスチャ操作を行った際の選択精度や、検出原理の異なる端末上での選択精度および異なる設置角における選択性能を調査する必要がある。

参考文献

- [1] N. Henze, E. Rukzio, and S. Boll. 100,000,000 Taps: Analysis and Improvement of Touch Performance in the Large. *MobileHCI '11*, pp. 133–142. ACM, 2011.
- [2] N. Henze, E. Rukzio, and S. Boll. Observational and Experimental Investigation of Typing Behaviour Using Virtual Keyboards for Mobile Devices. *CHI '12*, pp. 2659–2668. ACM, 2012.
- [3] C. Holz and P. Baudisch. The Generalized Perceived Input Point Model and How to Double Touch Accuracy by Extracting Fingerprints. *CHI '10*, pp. 581–590. ACM, 2010.
- [4] A. Kumar, A. Radjesh, S. Mayer, and H. V. Le. Improving the Input Accuracy of Touchscreens Using Deep Learning. *CHI EA '19*, pp. 1–6. ACM, 2019.
- [5] D. Vogel and R. Balakrishnan. Distant Freehand Pointing and Clicking on Very Large, High Resolution Displays. *UIST '05*, pp. 33–42. ACM, 2005.
- [6] 岩瀬, 北岡. ターゲット形状がタッチ画面の操作性に及ぼす影響. *人間工学*, 39(6):300–307, 2003.
- [7] 三宅, 神代. メンタルワークロードの主観的評価法-NASA-TLXとSWATの紹介および簡便法の提案-. *人間工学*, 29(6):399–408, 1993.