

タッチパネルのための操作指とは異なる指への触覚提示

Tactile Presentation on a Finger that is Different from Operating Finger for Touch Panel

フレルバータル ソガルラグチャー¹⁾, 中井優理子²⁾, 梶本裕之²⁾³⁾

Khurelbaatar Sugarragcha, Yuriko Nakai and Hiroyuki Kajimoto

1) 電気通信大学 情報理工学部 総合情報学科

2) 電気通信大学大学院 情報理工学研究科 総合情報学専攻

3) 科学技術振興機構 さきがけ

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {sura, yuriko, kajimoto}@kaji-lab.jp)

概要: タッチパネルにおける触覚提示を実現した従来の提案手法の多くは、画面に触れる指(操作指)を呈示対象としていた。そのため画面の視界を遮らない触覚提示手段が必要であり、そうした呈示手段で高密度に触覚を呈示することは困難であった。一方、タッチパネル裏面であれば視界の問題から開放されるため高密度な触覚提示が可能となり、先行研究でも裏面全体に触覚提示する手法の提案が見られる。しかし裏面全体への高密度触覚提示はコストが高い。そこで本研究では表面の操作指の動きに追従し、その指を中心とした一定範囲内の触覚を、裏面でデバイスを支える指だけに呈示する手法を提案する。今回は触覚提示先を操作指と異なる指とした際の触覚能力を検証した。
キーワード: タッチパネル, 裏面, 異なる指, 触覚ディスプレイ, モバイルインタフェース

1. はじめに

タッチパネルの搭載されたデバイスの普及に伴い、その操作の快適さや正確さの向上に人々の関心が集まっている。タッチパネルは操作対象であるアイコンに直接触れるなど直感的操作が可能である一方、クリック感などの触覚フィードバックの欠如が入力パフォーマンス低下(操作ミスなど)に繋がることが先行研究により知られている[1][2]。そのような背景からタッチパネルにおける指先への触覚提示手法が多く提案されてきた。例えば Fukumoto らの ActiveClick や[3]、京セラの新感覚タッチパネル[4]は振動子を用いてタッチパネル全体を振動させることでアイコン押下時のクリック感の呈示を実現した。Bau らの TeslaTouch [5]はタッチパネル上で静電気力を制御しテクスチャ感や凹凸感の表現を実現した。Takasaki ら[6]、Winfield ら[7]の超音波触覚ディスプレイは超音波振動の有無によって表面テクスチャを改変した。Saga らの 2.5D Display は指にタッチパネル水平方向の力を加える事で摩擦感や凹凸感を提示した[8]。

こうした提案の多くは指を静止させた時には空間解像度が原理的に指サイズのみに限定されるという制約がある。これに対してより細かい解像度の触覚提示の実現を目指した例もいくつか存在する。例えば透明電極を用い画面上での電気刺激を可能にした Kajimoto の Skeletouch や[9]、タッチパネル表面に物理的な凹凸を出現させボタン位置などの触覚的手がかり付加を可能にした Tactus

Technology 社の Tactile Layer が挙げられる[10]。

以上の先行研究全体に共通するのは、画面に触れる指を触覚提示の対象としている点である。このため画面を視覚的に遮らない「透明」な触覚提示手段が必要であり、そうした呈示手段で高密度に触覚を呈示する手段は非常に限られていた。

この問題を解決する一つの考え方は、画面の裏面における触覚提示である。裏面に触覚提示装置を配置するならば、触覚提示素子は透明である必要はなくなる。モバイルデバイスの研究分野では指によって画面が隠される問題(Fat Finger Problem)を解決するために裏面にタッチセンサを配置する研究例は多いが[11][12]、一方で裏面で触覚提示を行った例は限られている。前述の ActiveClick では裏面での触覚提示も提案している。また Fukushima らはタッチパネル裏面に電気刺激用電極を敷き詰めることで触覚提示を持ち手全体に対して行う手法を提案した[13]。しかし裏面全体への高密度触覚提示はコストが高く現実的ではないという課題が残されていた。

そこで本研究では裏面への触覚提示を行うにあたり、裏面でデバイスを支える指一本にだけ呈示する手法を提案する。表面の操作指の動きに追従し、操作指を中心とした一定範囲内の触覚を裏面に提示する。

操作指で本来感じるべき触覚を裏面の指が知覚するという状況であるので、どの程度運動との統合が行われ、形状の知覚が出来るかは不明である。しかし例えば視覚

障害者用の著名な視触覚変換装置である Optacon[14]は、片方の手で持ったカメラの映像をもう片方の手の指に提示しており、それでも形状知覚が成立しているのであるから、今回の手法も実現可能性は大いにあると考えられる。

今回はこの提案手法を実装するにあたり、本手法によって形状認識が出来ることを確認した。タッチパネルの裏側にピンマトリックス駆動の触覚ディスプレイを配置したシステムを作成し、操作指と異なる指に対して触覚提示を行った際の触覚能力を検証した。さらに電気触覚ディスプレイを用いた薄型のシステムを試作した。

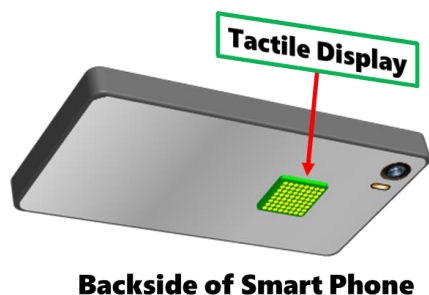
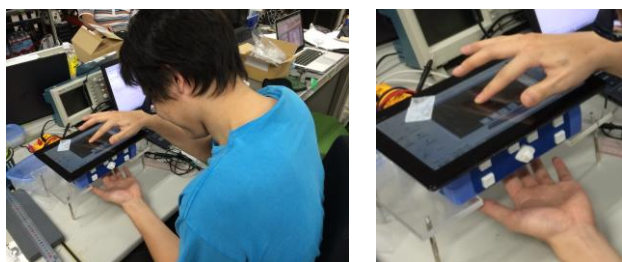


図 1：提案手法の将来像

2. 実験

2.1 実験環境

触覚提示装置をタッチパネルの裏面に配置した際の触覚能力を検証する。本実験では触覚提示デバイスとしてピンマトリックス触覚ディスプレイ(KGS, DotView DV 2, ドット数 48x32, 点間ピッチ 2.4mm), タッチパネルとして Windows タブレット PC (Asus,T100TA)を使用した。触覚ディスプレイはUSBポートを介してPCと接続しており、PC側から受信した情報に基づき触刺激を提示した(図 2)。



(a) 実験様子

(b) 拡大図

図 2：検証用システム実験手法

本提案はタッチパネル上の操作指の動きに追従し、その指を中心とした一定範囲以内の触覚を、裏面でデバイスを支える指に提示するというものであり、触覚提示される裏面の指は静止している。よって裏面の触覚提示は操作指に対し相対的な位置関係で動くことになるため、本実験でもそのように提示した(図 3)。

図 3に触覚提示の様子を示す。タッチパネル上にはこの例では三角形が表示されており、操作指で表示図形に

対してアプローチする。この時裏面の触覚ディスプレイには、このタッチパネル上の画面の鏡像(左右反転像)が、操作指を中心として描かれる。裏面の触覚を知覚する指は触覚ディスプレイ中央に固定されているため、この例では三角形が流れていく様子を触知する。

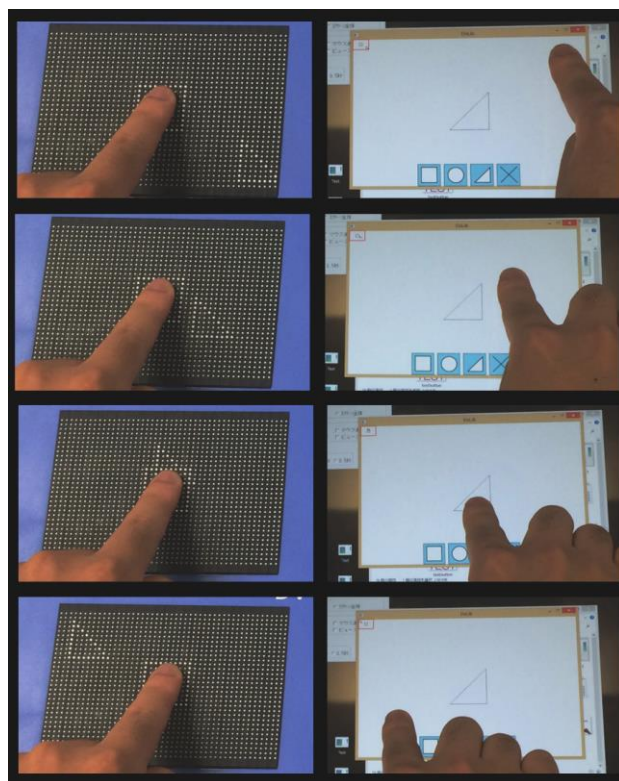


図 3：動作図(ピンマトリックス触覚ディスプレイ)

本実験の被験者は6人(22歳~24歳, 男性)で、全員日常的にスマートフォンを扱っている。全員右利きであり、実験では右手人差し指を操作指、左手人差し指を裏面の触覚提示用の指とした。

各試行では1つの図形を触覚ディスプレイ上に提示し、被験者に表示された図形を答えさせた。なお触覚ディスプレイはタッチパネルの裏面に配置されており、またタッチパネルの画面には図形は表示されていないため被験者からは提示している図形が見えない状態である。提示する図形は図 4に示す4種類で、ランダムに5回提示した。すなわち1セットの実験の試行回数は20であった。また各図形のサイズは1cmx1cmを基準とし、基準の1.5倍および2倍での実験もこの順番で行った。なおタッチパネル上の図形の物理的サイズと触覚ディスプレイ上の図形の物理的サイズは一致するよう調整した。すなわちタッチパネル上で1cm指を動かした時、触覚ディスプレイ上のパターンも1cm動く。



図 4: 画面に表示される図形の種類

図 5に実験用プログラムの画面を示す。図 5 (a) は回答前で、図形が中心部の四角の中に隠れている状態である。図 5 (b) は回答後で、テスト結果が表示されている状態である。図 5 (c) は次のテストに移るまでのウェイト画面である。すなわち本実験では、被験者は自分の回答があっていたかどうかのフィードバックを受けながら実験する環境であった。実験中は被験者の回答時間、およびエラー率を測定した。

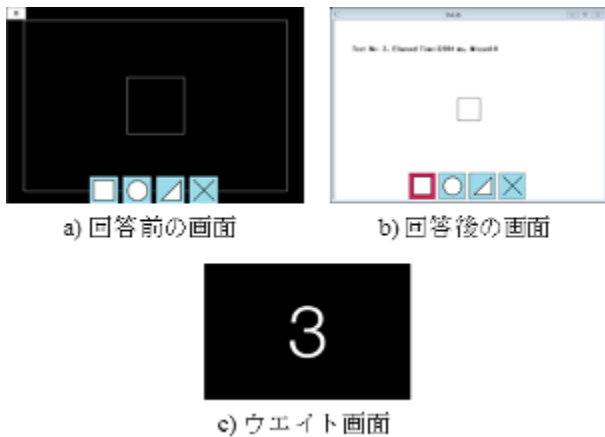


図 5: 実験中のタッチパネルの画面

3. 結果

図 6に回答時間の推移を示す。横軸はテストを行った順番 (1 から 20 番)、縦軸は被験者ごとの回答時間である。黒い線は被験者の平均回答時間である。グラフからみて回答時間が徐々に速くなっていったことがわかる。

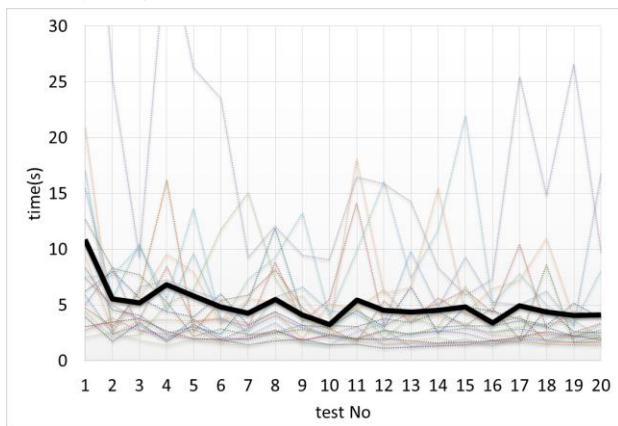


図 6: テスト順番と平均回答時間

また 20 回のテストの前半を被験者の学習期間、後半を学習完了状態とみなし 2 つの部分に分けて比較した。その結果、前半の平均回答時間は 5.62 秒、後半の平均回答時間は 4.45 秒となり、約 1 秒程度速くなった。エラー率

は前半 8.89%で、後半は 7.78%であった。

図 7に、図形のサイズごとの前半と後半の平均回答時間を示す。前半に比べて後半は全てのサイズにおいて回答時間が速くなっている。また図形サイズが 1x1cm の場合には他のサイズの場合に比べて回答時間が長くなっている事がわかる。

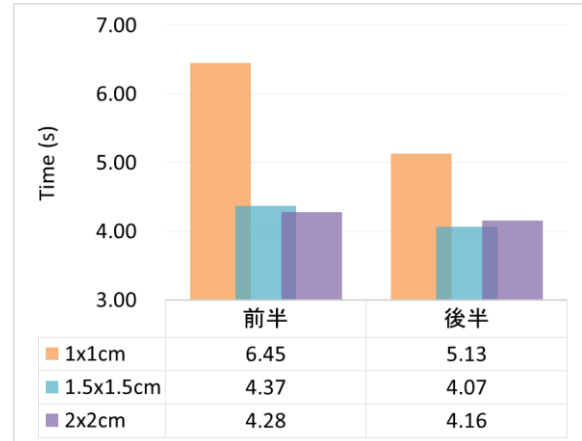


図 7: 実験前半と後半の平均回答時間の比較

図 8に、図形のサイズごとの前半と後半のエラー率を示す。図 7の結果とほぼ同様な結果がえられた。図形サイズが 2x2cm の場合エラー率は前半よりも非常に高いが、このエラーのほぼ全て (7 個のうち 6 個) が一人の被験者によるものであり、被験者の集中力の低下や個人差が原因であったと考えられる。

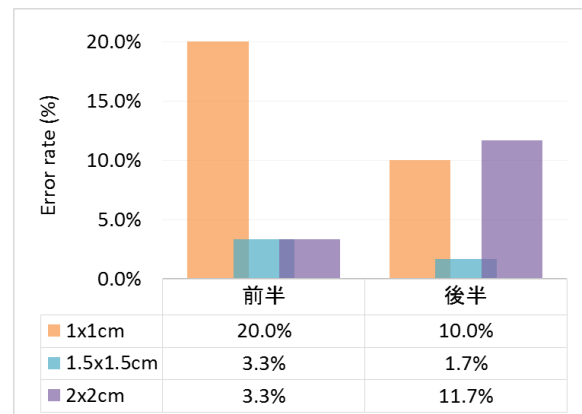


図 8: 実験前半と後半のエラー率の比較

図 7, 図 8の結果共に図形サイズが 1x1cm の場合よりもその他の場合が成績が向上しているが、実際には今回の実験では 1x1cm のサイズのものから実験を必ず開始していたため、単純に 1.5cm および 2.0cm のほうがより学習していた状況であったためと考えられる。この部分は今回の実験におけるミスであり、今後追実験する予定である。

4. おわりに

本研究は透明でない触覚提示素子をタッチパネルの補助に利用するために、裏面に配置する手法を提案した。裏面全体に触覚提示素子を並べると高コストとなるのに

対し、触覚提示素子を指先サイズとし、表面の操作指の動きに追従してその指を中心とした一定範囲内の触覚を裏面の触覚提示素子によって呈示する手法を提案した。

今回はタブレット型 PC とその裏面に逆向きに配置された触覚ディスプレイを用いて、裏面の指先に触覚が提示された際の触覚能力を検証した。実験結果より、被験者は今回の簡単な図形であれば 5 秒以下程度で触覚によって図形の形を知覚できることが確認された。

現在、触覚ディスプレイとして電気触覚ディスプレイを用いることで薄型軽量化を実現している (図 9)。

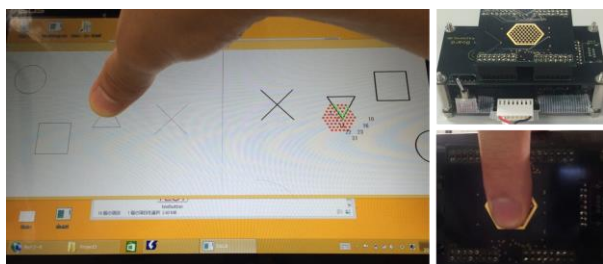


図 9 : 電気触覚ディスプレイを用いたシステム

今後は本ディスプレイとスマートフォン型小型タッチパネルを組み合わせる。その際、今回は利き手でタッチパネルをなぞり、非利き手で触覚を知覚するという形態であったが、デバイスを片手で持ち、親指でタッチパネルを操作、裏面の人差し指で触覚を知覚するという実用環境に近い状況での実験を行う。さらに本研究での提案の応用可能性を証明するためのサンプルアプリケーションを作成する予定である。

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 25700020 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Sears, A. Improving Touchscreen Keyboards: Design issues and a comparison with other devices, *Interacting with Computers*, Vol.3, Issue.3, (1991), 253-269.
- [2] Hasegawa A., Yamazumi T., Hasegawa S. and Miyano M. Evaluating the input of characters using software keyboards in a mobile learning environment, *WMUTE2012*, (2012), 214-217.
- [3] Fukumoto. M., Sugimura, T. Active Click Tactile Feedback for Touch Panels, *CHI 2001*, (2001), 121-122.
- [4] 京セラ株式会社トピックス「新感覚タッチパネル」：
http://www.kyocera.co.jp/topics/2012/1003_ntcp.html
- [5] Bau, O., Poupyrev, I., Israr, A., Harrison, C. Tesla-touch:

Electro vibration for touch surfaces, *UIST 2010* (2010), 283-292.

- [6] Takasaki, M., Kotani, H., Mizuno, T., Nara, T., Transparent surface acoustic wave tactile display. In *proc. of Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 2005.
- [7] Winfield, L., Glassmire, J., Colgate, J.E., Peshkin, M., T-PaD: Tactile Pattern Display through Variable Friction Reduction. In *proc. of EuroHaptics Conference, 2007 and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems. World Haptics 2007. Second Joint*
- [8] Saga, S., Deguchi, K., Lateral-Force-Based 2.5-Dimensional Tactile Display for Touch Screen, *Haptics Symposium* (2012), 15-20.
- [9] Kajimoto, H. Skeletouch: Transparent Electro-Tactile Display for Mobile Surfaces, *SIGGRAPH Asia 2012 Emerging Technologies* (2012), Article No. 21.
- [10] Tactus Technology, Inc., Taking Touch Screen Interfaces Into A New Dimension, (2012).
- [11] Wigdor, D., Forlines, C., Baudisch, P., Barnwell, J., Shen, C.: "LucidTouch: A See-Through Mobile Device", In *Proceedings of UIST 2007*, pp.269-278, (2007)
- [12] Xiang, X., Teng, H., Jingtao, W., LensGesture: Augmenting Mobile Interactions with Back-of-Device Finger Gestures, In *proceedings of the ICMI*, pp.287-294. *ACM*, (2013)
- [13] Fukushima, S. and Kajimoto, H. Palm Touch Panel: Providing Touch Sensation Through the Device, In *Proceedings of ITS '11* (2011), 79-82.
- [14] J.G. Linvill and J.C. Bliss, "A Direct Translation Reading Aid for the Blind", *Proceedings of the IEEE*, Vol. 54, No. 1, Jan. 1966, pp. 40-51