

裏タッチインタフェース 画面の背面から操作するインタフェースの提案

小 林 茂[†] 鈴木 宣也^{††} 赤 羽 亨^{††}
蛭 田 直^{††,☆} 近 藤 崇 司^{††} 伊 豆 裕 一^{†††}
米 山 貴 久^{†††} 横 内 恭 人^{†††}

Back-touch interface An proposal on back-of-device interfaces

SHIGERU KOBAYASHI,[†] NOBUYA SUZUKI,^{††} KYO AKABANE,^{††}
SUNAO HIRUTA,^{††,☆} TAKASHI KONDO,^{††} YUICHI IZU,^{†††}
TAKAHISA YONEYAMA^{†††} and TAKATO YOKOUCHI^{†††}

1. はじめに

ユーザーインタフェースの実現方法の1つとして、タッチパネルについてはさまざまな提案がなされている。最近では、Hanにより大型のマルチタッチディスプレイを手軽に実現できるFTIR方式⁹⁾が提案されたことにより、研究分野でのさらなる広がりを見せている。また、任天堂のポータブルゲーム機「Nintendo DS」(2004)が抵抗膜方式でペン操作という古典的な方式ながらエンタテインメント性の高いアプリケーションを提案したこと、iPhone (2007)がマルチタッチを全面的に採用したことにより、コンシューマ機器でも大きなトレンドとなっている。一方で、ディスプレイの前面から操作するタッチパネルでは、操作中に指が画面の一部を隠してしまうという問題がある。特に、モバイル機器のようにディスプレイのサイズが限られている場合には大きな問題になる。本研究では、ディスプレイの背面に安価なタッチパネルを追加することにより、ディスプレイの視認性を損なうことなく操作

可能なインタフェースを提案する。

2. 関連研究

タッチパネルを採用したインタフェースにおいて、操作中に画面の要素が隠れてしまうという点に関して、iPhone OSやAndroid OSでは指で隠れると想定される以外の場所に操作中の内容を表示するなどの方法でこの問題を回避している。

これに対して、画面の背面から操作するインタフェースも提案されている。LucidTouch³⁾では、ディスプレイ背面にタッチパッドとカメラを装備し、ディスプレイが透明であるかのように見せかけることで、背面からの操作を可能にしている。この方式は、背面にある自分の指を間接的ながら視認できるが、背面にカメラを取り付けるために可搬性が制限されてしまうという問題がある。また、HybridTouch²⁾やnanotouch¹⁾は、背面にカメラを装備するのではなく、必要に応じて指を模したグラフィックを表示する方法の提案である。この方式はコンパクトかつ安価に実現できるが、直接自分の指を視認することができないため、タッチした箇所の認知に課題がある。LimpDual Touch⁵⁾は、透明無機ELディスプレイの両面にタッチスクリーンを貼付けることにより、ディスプレイ背面にある自分の指を物理的に視認しつつ操作できるディスプレイの可能性を提案している。

[†] 岐阜県立国際情報科学芸術アカデミー International Academy of Media Arts and Sciences

^{††} 情報科学芸術大学院大学
Institute of Advanced Media Arts and Sciences

^{†††} 株式会社 東芝 デザインセンター
Toshiba Corporation, Design Center

[☆] 現在、信州大学教育学部芸術教育専攻
Presently with Shinshu University Faculty of Education

3. 本研究における提案

関連研究で述べた背面から操作するインタフェースは、いずれも通常のタッチパネル同様に2次元の操作を可能とするものである。この場合には、指が背面を自由に動くため、何らかの方法で視認できるようにする必要がある。これに対して、タッチパネルに何らかの制約を加える方法も考えられる。例としては、Buxtonらによるマルチタッチ・タブレット⁶⁾がある。このタブレットは、静電容量方式のタブレットにボール紙のテンプレートを組合わせて可動範囲を制限するというものであった。本研究では、背面に配置するタッチパネルを2次元ではなくガイド付きの1次元に制限することにより、背面を視認できるようにするための特別なシステムを必要としないインタフェースを提案する。また、このタッチパネル2個を同時に使用することにより、マルチタッチ対応の2次元タッチパネルに近い操作性を実現したアプリケーションも提案する。これは、工場やコンビニエンスストアなどで使用する、情報量が多いために比較的大きな入力画面を必要とするモバイル端末への応用を想定したものである。

4. 実装

4.1 ハードウェア/ソフトウェア

ハードウェアの実装の様子を図1に、タッチパネル部分の構造を図2に示した。1次元タッチパネルとして、Spectra Symbol社の抵抗膜方式直線ポテンシオメータ SoftPot (SP-L-0050-103-ST, 有効操作範囲50mm)を採用した。抵抗膜方式は静電容量方式と異なり、ある程度の圧力で表面を押さえ続けないと位置を検出できない。このため、適度な摩擦係数を持つフィルムを表面に貼付け、安定した操作感を得られるようにした。タッチパネルの下には3個のタクトスイッチを配置し、パネルの表面を操作して選択、押込むことにより決定という操作を行えるようにした。これに加え、赤外線方式の反射型フォトインタラプタ (シャープ製 GP2A200LCS0F, 有効検出距離約20mm)を近接センサとして装備し、タッチパネルを操作しようとして指が近づいたことを検知できるようにした。2組のセンサユニットからの出力はマイコンボード Arduino Nano に接続し、PC側からUSBの仮想シリアルポートデバイスとして認識されるようにした。シリアル通信のプロトコルには Firmata⁷⁾を採用し、プロトタイプ用のデモアプリケーションは ActionScript 3 と Funnel ライブラリ⁸⁾を用いて Adobe AIR によるデスクトップアプリケーションとして実装した。



図1 ディスプレイ背面の様子。左右に2組のタッチパネルが配置されている。タッチパネルの周囲には操作可能な範囲を示すガイドがあり、触覚で操作範囲を把握することができる。また、掌で自然に隠れる位置に近接センサを配置している。

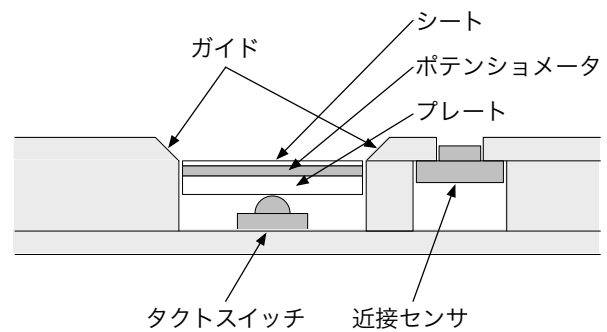


図2 タッチパネルユニットの構造。直線ポテンシオメータの下にタクトスイッチを3個配置し、タクトスイッチに内蔵されているバネを利用して押込み操作に対して適切な閾値を持たせている。ポテンシオメータの横には近接センサを配置し、タッチパネルを操作しようとする動きを検出する。

4.2 インタラクシオン

一連の操作の様子を図3から図4に、ディスプレイに表示されるインタフェースの一連の動きを図5に示した。想定した用途はモバイル端末を想定したアプリケーション・ランチャーで、数十個程度の中から目的とするものを素早く選択して起動するというものである。こうした操作は、裏面ではなく表面のタッチパネルやハードウェアキーから行うことも可能である。このインタフェースでは、端末を手に持った不安定な状態でも、アプリケーションアイコンを視認しながら確実に操作できることを目的とした。また、Z軸方向の情報を持たないタッチパネルでは、アイコンへのタッチでそのまま起動するインタフェースになっていることが多い。このインタフェースにおいては、マウス操作と同様に選択と決定という2つの段階で操作できるようにすることにより、誤って起動することがないようにしている。

裏タッチインタフェース

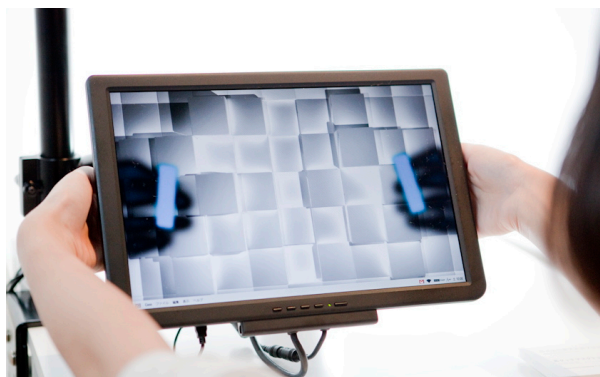


図 3 ディスプレイの背面に手が近づいたことが近接センサで検知されると、手を模したグラフィックが表示される。タッチパネルが配置されている箇所は青でハイライト表示され、ガイドパネルによる触覚とともに操作をアフォードする。



図 4 タッチパネルに指が触れると、スパイラル状のアプリケーション・ランチャーが表示される。上下に指を動かすことにより、左側ではカテゴリ、右側ではアプリケーションを選択する。タッチパネルを押込むことにより決定操作になる。

5. 検 証

5.1 展 示

プロトタイプをアクシスギャラリー（東京都港区六本木）で開催した展覧会の中で展示し、来場者が操作する様子を観察した。展覧会の来場者は約 600 名で、約半数がプロトタイプを体験した。展示では、詳しい操作方法は説明せず、ディスプレイ上に「画面の裏側をタッチして下さい」という短いインストラクションのみを日本語と英語で提示した。観察結果、および説明を担当した担当者へのインタビュー結果より、多くの体験者が困難を感じたのは以下のような点であることが分かった。

- 通常のタッチパネルと勘違いして表側をタッチし、何も起きないことに混乱した。
- 背面であるために押さえる力の制御が難しく、強すぎて決定操作のためのスイッチが動作してしまう（逆に弱すぎて反応しない）ことに混乱した。

画面の背面から操作するインタフェースの提案



図 5 上：左側のタッチパネルに触れた時に表示される初期画面。アプリケーションのカテゴリを選択、決定する。中：カテゴリを選択するとスパイラル状にアプリケーションのリストが表示され、右側のタッチパネルで選択、決定する。下：決定するとアプリケーションが起動され、ランチャーはフェードアウトする。

いずれの点も、説明員が適切にインストラクションを与えることで適切に操作できるようになった場合がほとんどであった。最初の点に関しては、iPhone などでのタッチパネル操作が一般的になっているためにかえって生じた混乱ではないかと思われた。

5.2 実 験

適切なインストラクションがあれば混乱なく操作できるのかどうかという点に関して検証するため、検証実験を行った。被験者は 22 歳から 32 歳までの男女合計 8 名（うち女性は 2 名）で、全員がこのプロトタイプは未経験、5 名が iPhone 所有者であった。実験は指示されたアプリケーションを起動する課題とし、以

下のような流れで行った。

- (1) 操作方法に関する説明 (1 分間)
- (2) 課題操作 (10 回)
 - (a) 目標となるアプリケーションを提示
 - (b) アプリケーションを選択して起動

アプリケーションを選択して起動するまでの時間 (最短ステップ数で正規化したもの) の推移を図 6 に示す。最初の数回までの時間は個人によって大きく異なるが (平均 7.07 秒, 標準偏差 4.45), 10 回目ではほぼ収束していた (平均 1.27 秒, 標準偏差 0.67)。本インタフェースに十分に習熟した設計者で同様の計測を行った結果が 1.15 秒であることと比較すると, 10 回の試行ではほぼ同程度の操作時間となった。なお, iPhone の所有者と非所有者の間で有意な差は認められなかった。被験者からの自由回答では, 「タッチパネルを押込んで決定ではなく別ボタンの方が使いやすいのではないか」「物理的なクリック感に改良の余地があるのではないか」「アプリケーションの選択操作のみを考えれば前面からの操作の方が早いのではないか」といった意見が得られた。

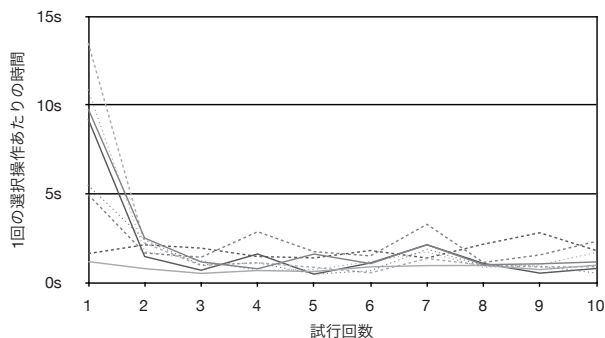


図 6 プロトタイプを使用した実験の結果。縦軸は 1 回の試行あたりの所要時間を最短ステップ数で割った秒数。選択操作に時間がかかった場合、選択ミスが発生した場合に時間が長くなる。

6. 考察および今後の予定

展示においては操作に関する混乱が多く見られたが, 適切なインストラクションを与えた場合には 10 回の試行で習熟者と同程度の操作時間に到達したことから, 本インタフェースの習熟そのものは容易であると考えられる。一方で, 押込みによる決定操作との連携や, 実際の指の移動距離と画面内での移動距離の関係など, タッチパネルの操作感には課題が残った。この点に関しては, 決定操作用のボタンをタッチパネルとは別に, 抵抗膜方式ではなく静電容量方式のタッチパネルに変更する, 表面の素材を適度な抵抗感のあるものになるなどの改良案が考えられる。

また, アプリケーションに関しても, 今回プロトタイプとして制作したランチャー以外のアプリケーションの可能性も探求する必要があると考えている。例として, 家庭内でユーザの近くに置いて直接操作する薄型の表示機器のインタフェース, 公共の場に設置する表示機器で, メンテナンス担当者のみが操作可能なセキュリティ付きインタフェースなどがあげられる。

本研究のような, 背面と表面の両面の同時操作インタフェースの可能性に関してはまだまだ多くの検証がなされていない。LimpiDual Touch⁵⁾では地図の操作や両面から二人で操作する対戦型ゲームなどがアプリケーションとして提案されているが, 両面のタッチパネルを同時に使用したジェスチャーなど, 今後さまざまな可能性が期待できる。こうした可能性に関しても今後探求して行く予定である。

謝辞 本研究は, 2009 年度に情報科学芸術大学院大学と株式会社 東芝 デザインセンターが行った産学共同研究「モバイル端末における新しいフィジカルインタフェース」の成果である。

参 考 文 献

- 1) Baudisch, P. and Chu, G.: Back-of-device interaction allows creating very small touch devices, In Proceedings of CHI '09, pp.1923-1932, (2009).
- 2) Sugimoto, M. and Hiroki, K.: HybridTouch: an intuitive manipulation technique for PDAs using their front and rear surfaces, In Proceedings of MobileHCI '06, pp.137-140, (2006).
- 3) 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).
- 4) Wigdor, D., Leigh, D., Forlines, C., Shipman, S., Barnwell, J., Balakrishnan, R., Shen, C.: "Under the Table Interaction", In Proceedings of UIST 2006, pp.259-268, (2006)
- 5) 岩淵正樹, 寛康明, 苗村健: LimpiDual Touch における両面タッチ入力の実験的検討, 電子情報通信学会技術研究報告 108(378), pp.39-42, (2009).
- 6) Buxton, W., Hill, R., and Rowley, P.: Issues and techniques in touch-sensitive tablet input, In Proceedings of SIGGRAPH '85, pp.215-224, (1985).
- 7) <http://firmata.org>
- 8) <http://funnel.cc>
- 9) Han, J. Y.: Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection, In Proceedings of UIST '05, pp.115-118, (2005).