

## Behind Touch : 携帯電話のための背面・触覚操作インターフェースの開発

平岡, 茂夫

---

<https://doi.org/10.15017/458910>

---

出版情報 : Kyushu University, 2004, 博士（芸術工学）, 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

## 第4章

Behind Touch 1：画面インターフェースにおける指の表示

## 4.1 はじめに

第3章では、操作ボタンを背面に配置した Behind Touch 携帯電話の文字入力インターフェースを制作し、その実用性を確認した。試作機では抵抗膜方式のタッチパネルを使用して、触れているボタンの強調表示を行う方法で指の位置を確認できるようにした。この方法では、ユーザの移動する指が表示されていないため、直接操作とは異なる点があった。自分の指がディスプレイに表示されれば、より直接的な操作環境をユーザに提供できる可能性がある。本章では、Behind Touch の画面インターフェースに指の像を表示する機能を付加し、その有効性について検討を行うことを目的とする。

画面インターフェースにユーザの身体の一部を表示して操作を行う方法としては、Sony Computer Entertainment 社の EyeToy [17] のように、ビデオカメラからの映像をリアルタイム解析してアプリケーションを操作するインターフェースの商品開発が行われている。電子楽器テルミンの原理を応用した Smart Skin [4] は、板状のセンサで近接した指の像を表示できる。このデバイスを使用した研究でもリアルタイム映像解析を行い、手の形や複数の手での操作を実現している。これらの技術を組合せることによって、Behind Touch の操作性をさらに向上させることができると考えられる。

## 4.2 指の表示

直接操作に近付けるために、操作する指を画面インターフェースに表示する方法を試みる。実映像による方法と、タッチパッドから得られる座標データを基に疑似的な指の像を表示する方法で画面インターフェースを制作した。これらの

操作性における利点や問題点の検討を行った。

#### 4.2.1 実映像による指の表示

指を表示するために、試作機に小型カメラを取り付けた（図4.1）。カメラを使用する方法では、入力デバイスが大きくなりすぎる問題がある。画面インターフェースの様子を図4.2に示す。カメラ映像を左右反転し、画面のボタン間隔に合わせた大きさで映像を表示する。指の像が画面インターフェースのボタンに隠れてしまわないようにボタンを半透明の表示にして、裏から触っているようなデザインとした。背面操作の場合、ユーザは自分の指が透けて見えているような感覚で操作を行うので、画面インターフェースには指の腹側が見えていなけ



図4.1 小型カメラを取り付けた入力デバイス

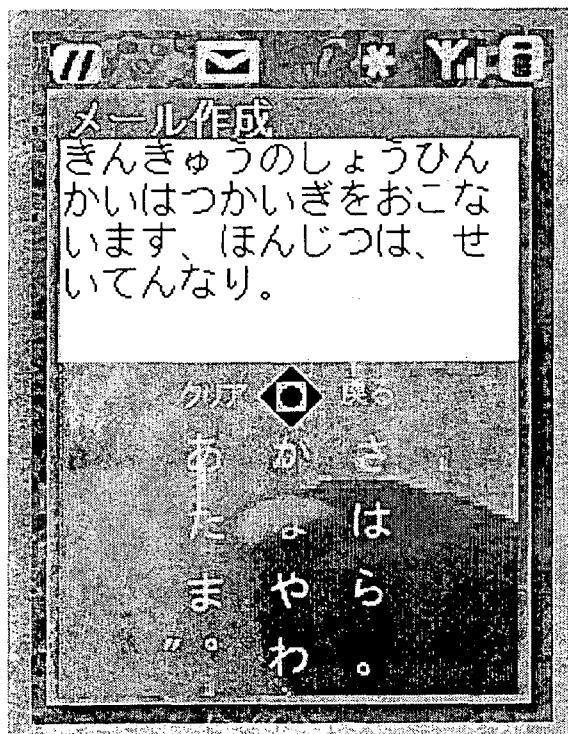


図4.2 カメラによる指の表示

ればならない。しかし、試作機ではデバイスの背面から撮影しているため指の爪側が表示されてしまう。試作したインターフェースでは、カメラからのビデオ映像の表示スピードを優先するために画質を低くしていることや、指が半透明のボタンの下に表示されることにより、指の爪が見えている影響はほとんどなかった。この試作機による被験者テストから、以下の意見が得られた。

- ・利点

ボタンに対する自分の指の位置や動きが視覚的に確認できるため、指を動かす量や止めるタイミングを把握・予測でき、操作がしやすくなつた。

- ・問題点

a) 画面インターフェースでは、指の大きさに対しボタン間隔が非常に小さく見えて操作が難しく感じられる。Behind Touch では、ボタンを直接見ないで操作することを前提としており、背面ボタンの間隔は第2章の人差指の快適な可動範囲の実験から決定しているため、一般的な携帯電話のボタン配列よりも間隔が狭い。このことは、入力デバイスを小型化できる利点でもある。

b) 試作機で使用した機器とインターフェースを動作させているアプリケーション上では、約0.3秒映像が遅れて表示される。速い操作では自分の指の動きの確認にならず、むしろ指の表示が邪魔になる場合があった。高速に映像処理・表示を行うカメラとコンピュータが必要である。携帯電話・端末として考えた場合、表示スピードや消費電力の問題からも映像を長時間表示し続けるのは難しいと考えられる。

指の動きを画面インターフェースに表示することによる利点は確認できたが、表示による操作感や実機としての実現性に問題が残った。

#### 4.2.2 疑似的な指の表示

実映像による指の表示における問題点を解決するために、実際の指の表示ではなくタッチパッドから得られる指の座標データから疑似的な指の表示を行う画面インターフェースを制作した（図4.3）。ビデオ表示よりもアニメーション動作の方が、表示スピードの問題を大幅に軽減できる。画面の指を模したグラフィック表示を見て、操作する指の動きを確認する。指の太さは、ボタンよりも少し小さい程度とした。実映像の指の半分程度の大きさである。左右上下のボタンを操作すると実際の指の動きを真似て角度が変わるようにした。グラフィックの指の太さや曲がる程度は、自由に変えることができる。

指をグラフィック表示することにより、表示スピードの「問題b)」は解決された。予備実験の結果、細かな操作を強いられているような感じがする「問題

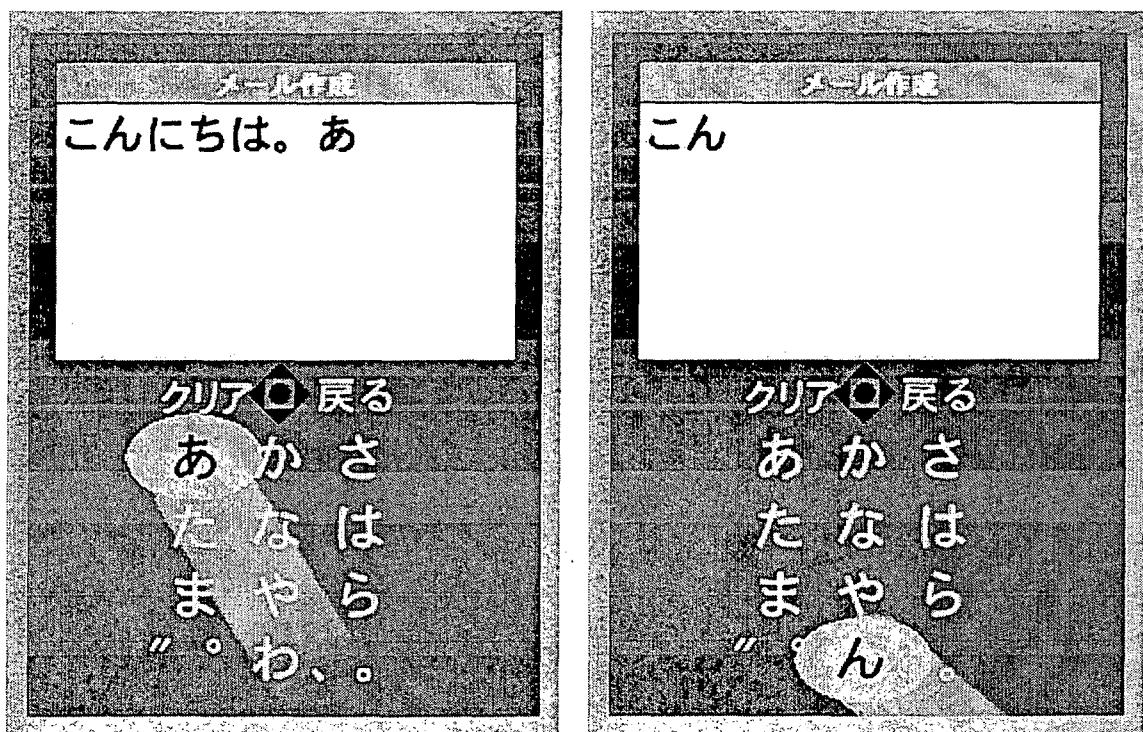


図4.3 疑似的な指の表示

a)」は、改善されたことが分かった。また、見た目の指の大きさや移動量が実際と違っていても違和感を持つ被験者ではなく、むしろ操作性は向上した。このインターフェースは、マウス操作と画面に表示されるマウスカーソルの関係と似ている。マウスカーソルの大きさや形は、マウス本体と全く異なる。マウスの場合一般的にカーソルは矢印形状であるが、Behind Touch ではカーソルを指の形状にすることにより、裏から操作している指が画面インターフェースに表示されていることが一目で理解できる効果がある。また、実際の指と画面に表示された指の動きの量が一致していなくても比例関係にあれば操作性は保たれる。

#### 4.2.3 表示速度について

カメラの映像による指の表示では、画面インターフェースに0.3秒遅れて表示されるため、実用性に問題があった。表示スピードを改善する方法として、グラフィックの指の表示を行った。最初に制作した指のグラフィックは、Director のベクター曲線を使用して、指の動きに合わせてグラフィックの指が滑らかに曲がるインタラクションを制作した。しかし、この方法でも表示の遅れを被験者から指摘されたため、ピットマップ形式の指のグラフィック（図4.3）にすることで表示スピードを解決した。表示スピードを計測したところ、ピットマップ形式では30コマ/秒以上でアニメーション表示が可能であったのに対し、ベクター曲線では25コマ/秒まで落ちる場合があった。使用したノートパソコンの液晶ディスプレイのリフレッシュレートは、60Hzである。1コマで約0.01～0.02秒の違いであるが、被験者は差を感じていた。よって、携帯電話文字入力のような効率性が重視されるインターフェースでは、操作から画面表示までに、約0.03秒以内の速度を考慮する必要がある。

### 4.3 指の表示を付加した Behind Touch インタフェースの評価

Behind Touch インタフェースにおいて、指の表示の有効性を評価するための実験を行う。指の表示方法として、タッチパッドから得られる座標データを基に指のグラフィックを疑似的に表示する方法を使用する。

#### 4.3.1 実験方法

下記 2 種類のインターフェースを比較する。

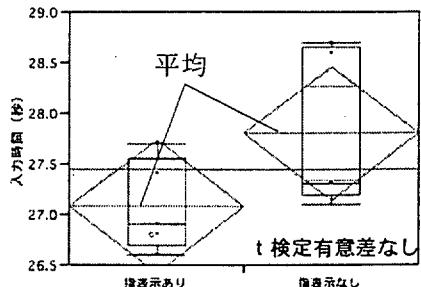
- a) Behind Touch 指の表示あり。
- b) Behind Touch 指の表示なし。

濁音・記号を一文字として数えてひらがな 27 文字の「きんきゅうのしょうひんかいはつかいぎをおこないます。」を入力する時間を測定する。入力時間は、ストップウォッチで測定した。複雑な操作を避けるために、同じ行の文字が連続しない例文とした。被験者は、20 ~ 41 歳の大学生および大学院生 8 名である。実験を繰り返すうちに、慣れて入力が速くなる場合があったので、10 ~ 20 回程度の入力をを行い、安定した終盤 5 回の入力時間をサンプルとして用いた。実験後に、指の表示あり／なしによる操作性の違いと、指のグラフィックの角度を変化させた表示についての感想を聞いた。

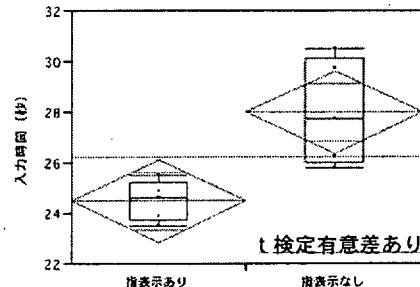
#### 4.3.2 実験結果

各インターフェースを使用した被験者の感想は、「指の表示があった方が使いやすい。」5名と「指の表示の有り / 無しに、操作性の違いを感じない。」3名に分かれた。

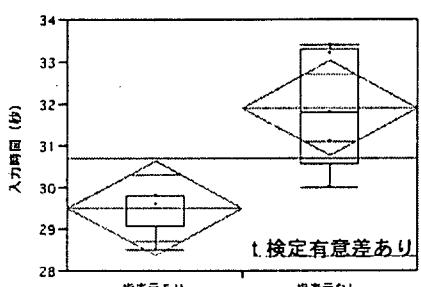
「指の表示があった方が使いやすい。」と感想を述べた被験者 5 名の実験結果を図 4.4 に示す。5 名中 3 名が指を表示したインターフェースでの文字入力の方が



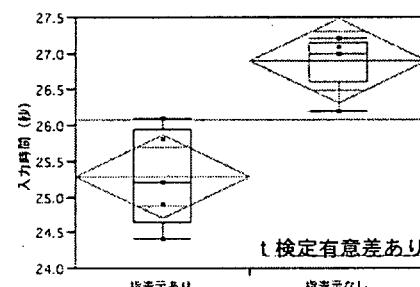
被験者 A



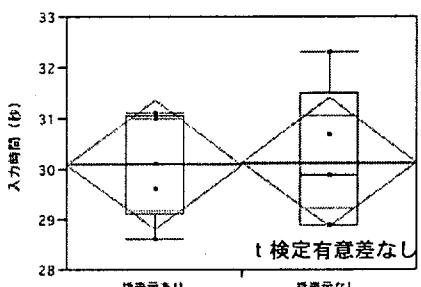
被験者 D



被験者 B



被験者 E



被験者 C

$t$  検定  $p < 0.05$

図 4.4 「指表示有ったほうがよい」のグループ  
Behind Touch 指の表示あり / なしのインターフェース  
による各被験者の文字入力時間

高速であった ( $F$  検定による等分散性の検証および  $t$  検定  $p < 0.05$ )。

被験者は、それぞれ携帯文字入力に対する習熟度が異なっていて、各被験者固有の入力スピードを持っている可能性がある。5名全体の入力平均時間で比較を行うには、正規性に疑問が残る。よって、各被験者の「指表示なし」によ

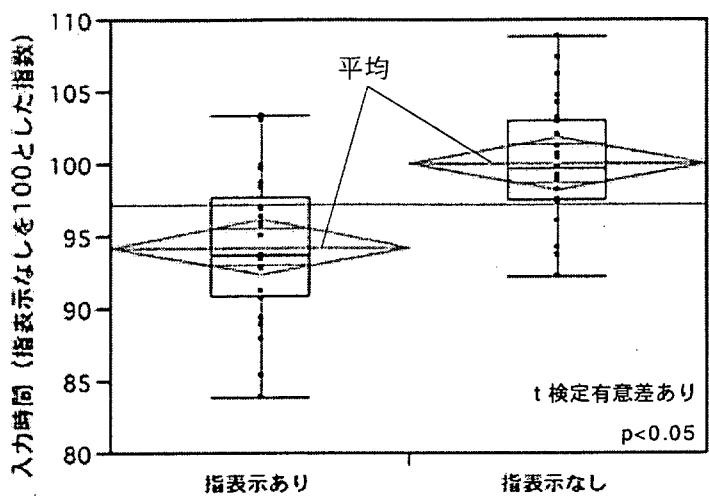


図 4.5 「指表示有ったほうがよい」のグループ  
各被験者の指表示なしでの入力時間を 100 とした指数平均

る入力平均時間を 100 とした被験者 5 名の文字入力時間指数の平均による比較を行った（図 4.5）。この指数による比較からは、指の表示がある方が文字入力の効率が高いことが分かる（F 検定による等分散性の検証および t 検定  $p < 0.05$ ）。

「指表示の違いを感じない」と感想を述べた 3 名の各入力時間を図 4.6 に示す。各被験者の指表示なしでの入力時間平均を 100 とした 3 名の指数を図 4.7 に示す。感想の通り、指の表示による影響を受けていない（F 検定による等分散性の検証および t 検定、 $p < 0.05$ ）。実験後のインタビューからこの 3 名の被験者は、指の表示を頼りに操作をしていないことが分かった。「ブラインドタッチで入力しようとしていて、ボタンの表示を見ないで、画面インターフェース上部にある文字入力欄を見ながら入力を行った。」「ボタンの表示だけで選択されていることが分かるので、指の表示を見ていない。」というのが理由であった。

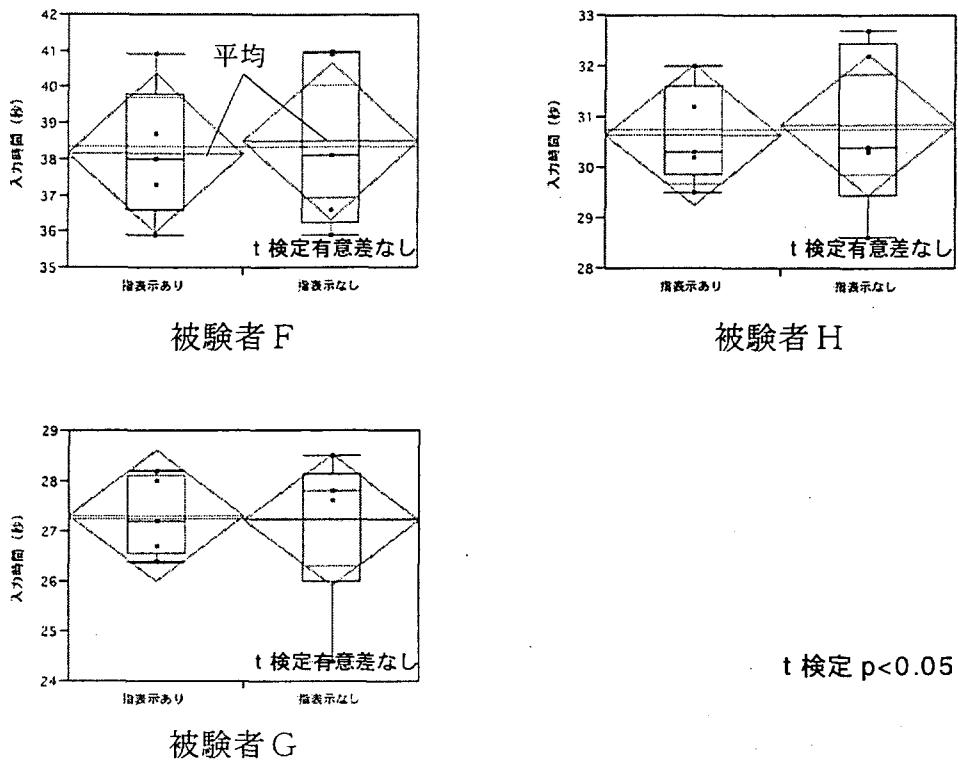


図 4.6 「指表示の違いを感じない」のグループ  
Behind Touch 指の表示あり / なしのインターフェースによる  
各被験者の文字入力時間

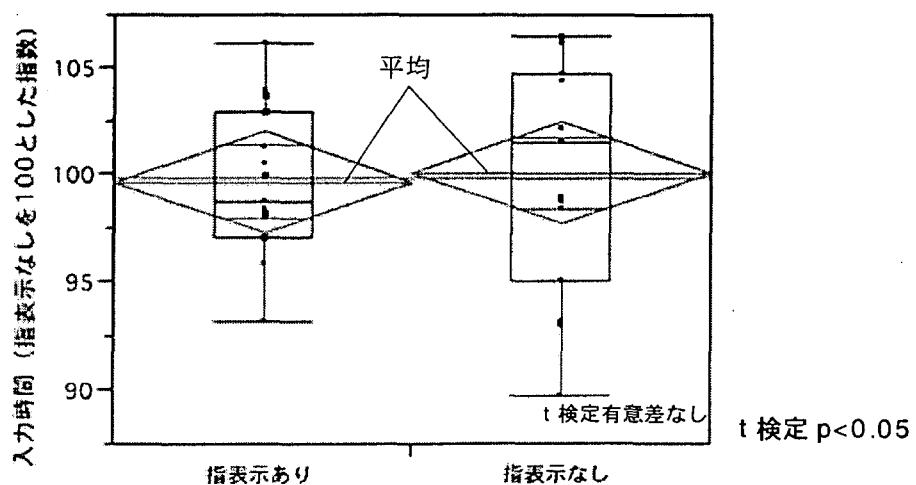


図 4.7 「指表示の違いを感じない」のグループ  
各被験者の指表示なしでの入力時間を 100 とした指數平均

#### 4.3.3 考察

第3章の携帯電話と Behind Touch を比較する文字入力実験では、等分散性が確認できなかった。各被験者の Behind Touch における習熟度にはばらつきがあったことが原因であると思われるが、本章の実験では、Behind Touch でのインターフェースの違いを比較しているので、時間指數のばらつきが小さかったと考える。さらに、この実験では、Behind Touch 操作を行ったことのない第3章の被験者とは異なる被験者で、各被験者間の習熟度にあまり差がないように Behind Touch での十分な練習を行った。

「指の表示があった方が使いやすい。」と感想を述べた被験者5名からは、指の表示によって自分の指の動きが分かるため、指を動かす量や止める位置が分かりやすくなったという感想が聞かれ、入力効率が向上した。指のグラフィックが実際の大きさと異なっていても、問題なく操作できていた。また、指の位置によってグラフィック表示した指の角度が変わる機能についても、指の動作イメージと合っているという感想が聞かれた。

「指表示の違いを感じない」と感想を述べた被験者3名は、指の表示を頼りに操作をしていなかった。現状の携帯電話でも、慣れたユーザは、自分の指を見ないでブラインドタッチによる文字入力を行う。同様に Behind Touch でも、習熟の程度によって指の位置をフィードバックする表示が必要ない可能性がある。

一般的に、携帯メールの使用において、高速に文字入力を行う20才前後の若者に対し、30才代後半以上の中高年者の多くは携帯文字入力を得意としない。むしろ中高年のビジネスマンは、パソコンのキーボードによるローマ字入力の方が得意である場合が多い。このことは、携帯メールが一般化した時期またはユーザの年齢と、習熟を要することが起因している。今後、携帯電話ユーザの高年齢化や新規ユーザにより、携帯電話入力方式を利用するユーザは増加して

いくであろう。Behind Touch における指の表示は、より感覚的に分かりやすいインターフェースとして、これから携帯を始めるユーザやブラインドタッチまではできないユーザの操作および習熟を助ける効果があると考える。