

Behind Touch: 携帯電話のための背面・触覚操作 インターフェースによる文字入力

平岡茂夫 * 宮本一伸 ** 富松潔 ***

* 福岡工業大学短期大学部 811-0295 福岡市東区和白東 3-30-1 hiraoka@fjct.fit.ac.jp

** 株式会社アイム 813-0016 福岡市東区香椎浜4-1-8-208 imd@h2.dion.ne.jp

*** 九州芸術工科大学 815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1 tomimatu@kyushu-id.ac.jp

要旨

Behind Touchは、携帯電話やPDA等の携帯端末を対象とした入力デバイスおよびユーザーインターフェースである。携帯電話は、携帯性が重要視されるため、機器の大きさには限界がある。提案するデバイスは、携帯電話の液晶ディスプレイを大型化することを目的に、本体表面から12キーを廃し背面に位置させる。しかし、背面のキーは、ボタンを直接視覚で確認しながら操作することができない。本研究は、この背面キー操作を触覚デバイスと指の位置をディスプレイに表示するインターフェースによって、高速で分かりやすく、直接的な操作が可能となる手法を実現した。Behind Touchは、背面キーに触れることでディスプレイに表示されたボタンを選択し、そのままの指の位置で背面キーを押すことで実行操作を行なう。PDAやウェアラブルコンピュータ、または家電機器のリモコンなど表示ディスプレイが操作部と離れている場合でも、小型な入力デバイスで快適な文字入力などの様々な操作を提供することが可能となる。

Behind Touch: A Text Input Method for Mobile Phone by The Back and Tactile Sense Interface.

Shigeo Hiraoka* Isshin Miyamoto** Kiyoshi Tomimatsu***

* Fukuoka Institute of Technology, Junior College, 3-30-1, Wajiro-higashi, Higashi-ku, Fukuoka, 811-0295, Japan
hiraoka@fjct.fit.ac.jp

** I'm Co.,LTD, 4-1-8-208, Kasjiihama, Higashi-ku, Fukuoka, 813-0016, Japan
imd@h2.dion.ne.jp

***Kyushu Institute of Design, 4-9-1, Shiobaru, Minami-ku, Fukuoka, 815-8540, Japan
tomimatu@kyushu-id.ac.jp

Abstract

Behind Touch are the input device and the user interface for mobile media like as a mobile phone or PDA. A mobile phone has a limit in the size of apparatus, because portability is important for it. In the proposed device, the 12-keys are not arranged the top of mobile phone but the back of it, in order to enlarge the screen. When we operate the 12-keys, we cannot look them directly. In this paper we propose the method that we can operate comfortably and speedily by the tactile sense and GUI of Behind Touch. In Behind Touch, we can select a button by touching and decide by pushing. And Behind Touch can be applied to not only mobile phone but also PDA and wearable computer, some controllers of the home electricity product.

1. はじめに

近年、多様な携帯電話が開発・商品化されている。液晶ディスプレイのカラー化や大型化、通信の高速化、サービスの充実などからその使用範囲は拡大している。しかし、携帯電話は、携帯性が重要視されるため、画面の大きさには限界がある。

Behind Touchの第一の目的は、携帯電話の背面に操作キーを配置することにより、表面のディスプレイを大きくすることである（図1）。第二の目的は、指または触れているボタンをディスプレイに表示し、直接操作に近い操作インターフェースを提供することである。背面操作は、操作面や操作する自分の指が直接見えないため、触覚や視覚・聴覚などへのフィードバックが重要な要素となる。背面操作に関するデバイスや触覚による操作システムが、研究や特許申請によって提案されている[1-5]。しかし、携帯電話の重要な機能である文字入力において、入力スピードや慣れるために学習が必要である問題があり、商品化に至っていない。

本研究は、携帯電話のためのBehind Touchによる入力デバイスおよびユーザーインターフェースを提案する。プロトタイプを使用して、携帯電話と同様のひらがな入力方式による文字入力テストを行ない、入力スピードを検証する。また、現在の携帯電話文字入力方式になじめないユーザー層に対しても、慣れや学習が少なく操作することのできるインターフェースを提案する。

2. Behind Touch

Behind Touchは、操作する指の位置をユーザーにフィードバックするインターフェース機能を持つ。背面の操作面に指を近づける[6]または触れた

時点で、指の位置を表面のディスプレイに表示する。指の位置は、ボタンの触覚や音によっても確認することができる。実行操作は、クリック感のあるボタンまたは操作面を押すことによって行なう。CVK方式[5]や高密度キーによる入力システム[4]による研究では、指をボタンから離れた時点で実行操作となる方式を採用している。この場合、指とボタンとの触覚による相対位置を見失ってしまう問題や、一般的なボタンを「押す」作法と逆である問題がある。Behind Touch方式により、タッチパネルの短所である1)指で表示が隠れる、2)クリック感が無い問題を解決し、直接操作を行なうことが可能となる。

2.1 Behind Touch入力デバイス

Behind Touchの操作面は、指が触れるまたは近づいている状態で指の位置を検出する機能が必要となる。デバイスとして、数種の方式が考案されている小形のタッチパネルやボタン毎に独立したタッチセンサーまたは微小な圧力を検知するスイッチなどが考えられる。また、実行操作のために、少し強く押すとクリックとなるスイッチを内蔵する。ボタンの機能はディスプレイに表示されるため、操作面に印刷の必要はない。さらに、ボタンは、触覚による認識が可能なサイズであればよいので、デバイスを小さくすることができる。

2.2 Behind Touchインターフェース

液晶ディスプレイが透けて背面の指を見ることができれば、タッチパネルのような直接操作となるが、マウスと画面上のカーソルとの関係のように、操作する位置と量は必ずしも一致していなくても操

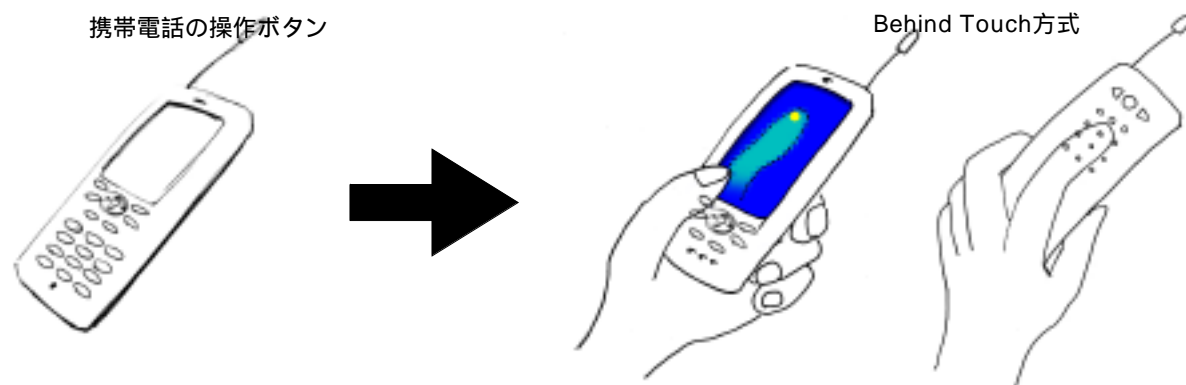


図1：携帯電話におけるBehind Touchの例

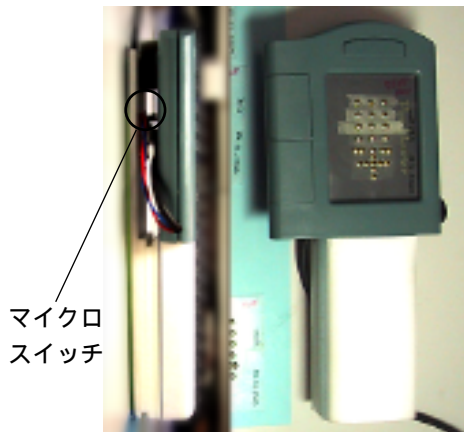


図2：Behind Touchデバイスの試作

作性は保たれると考えられる。このことから、液晶画面が透けていない、または操作インターフェースが実際の指の位置・移動量と異なっているにもかかわらず、操作画面にボタンと指の相対位置が分かる表示を行なうことによって、操作性は保たれると考えられる。Behind Touch では、触覚が重要な要素であるため、触れるボタンは凸形状で位置が固定されている。しかし、凸形状ボタンのある画面をタッチする方法と比べ、表示レイアウトに柔軟性を持たせることが可能であり、操作する画面によってボタン表示のサイズや位置を変えることが可能である（図9-1、9-4）。

3. Behind Touch プロトタイプ 1 の制作

背面操作面のデバイスとして、抵抗膜方式のタッチパッドを使用した（図2）。入力された座標からインターフェース上のボタン座標に変換を行ない、触れているボタンを表示する。Smart Skin[6]方式の様に被接触で指の像を得ることが理想であるが、このデバイスでは操作面に触れた指の一箇所のみの位置座標を検出する。12個の独立したスイッチを使用する場合には、指が複数のボタンに触れてしまうため、どのボタンに意図的に触れているのかを判別するアルゴリズムや指が触れる微小な圧力差を検出するセンサーが必要となる。タッチパッドは、取手部に固定された板バネとなる薄いプラスチック板に取付けられ、前後に可動する。タッチパッド背面に取付けられたマイクロスイッチにより、少し押した時のクリックとタッチパッドに触れている座標とによって、アプリケーションを操作する。

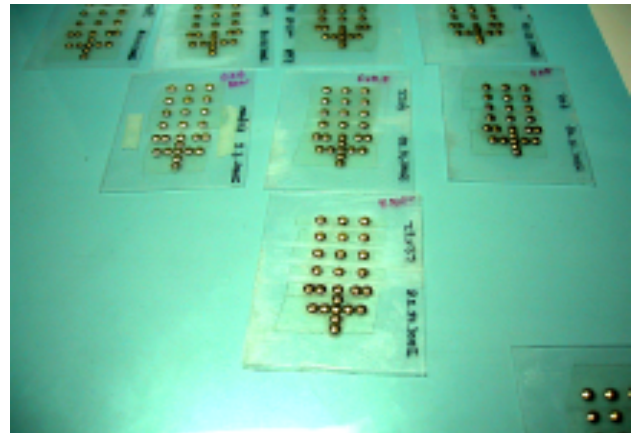


図3：プロトタイプ1操作面の試作

操作面のボタンは、ボタン部を凸状に加工したフィルム（図3）をパッド面に張り付ける。加工したフィルムを張り替えることによって、様々なボタンレイアウト・形状を検討することが可能である。予備実験から、凸ボタン形状が無い場合、つまり触覚によるボタンのフィードバックが無く、画面表示によるフィードバックだけでボタンを選択する事は困難であった。

3.1 操作面の試作（プロトタイプ1）

フィルムに穴を空け、そこに丸頭の釘を接着剤で固定し、フィルムからはみ出した部分を削り取る方法で操作面を制作した（図3）。釘の頭は、直径約2.5mm、高さ約0.5mmの半球形状であるが、釘の品質上の問題から、形には誤差がある。キーレイアウトは、携帯電話と同じ3×4の配列とした。5mm～7mmの範囲で0.5mm毎の様々なキーピッチの操作面を用意した。

3.2 プロトタイプ1 の評価

10種類のピッチの異なる操作面を使用し、数人の被験者による11桁の数字入力する実験を行なった。インターフェースは、パソコン上のソフトウェアで動作する。プロトタイプ1では、慣れのスピードの方が速く、ピッチによる入力速度の大きな差は見られなかった。ピッチは、5mm～6mm程度で十分使用可能であった。また、被験者からプロトタイプ1に対する、以下の問題点が指摘された。

a) ボタン凸部または接着部が指に引掛かり、滑らかな指運が難しい。

b) クリックのボタンが強くストロークも大きいため、素早い操作ができない。また、クリック時に他のボタンを選択してしまい、誤入力の原因にもなっている。

a)の問題から、Behind Touchでは、操作面に指を触れさせたまま動かすことが多く、操作面の触感が操作性に大きく影響していることが分かる。プロトタイプ1では、デバイス制作上の精度の問題から現状の携帯電話ほどの入力効率を得ることができなかった。しかし、入力は十分に可能であり、Behind Touchの可能性を確認することができた。プロトタイプでは、パソコンの画面を見ながら、デバイスの背面から操作を行なっている(図5)。画面が操作面と離れていることと、実際の指の動きと画面上での動きの量が相対関係であることについては、問題はなかった。

4. Behind Touch背面操作における人差指の可動範囲

携帯電話にBehind Touchを適用した場合、従来の携帯電話操作と大きく異なる点は、親指操作から人差指操作に変わることである。経験から親指より人差指の方が細かな作業が得意であると考えられる。しかし、人差指に比べ親指は、短いが左右に大きく動かすことができる。Behind Touch背面操作のための人差指の可動範囲を以下の実験によって測定した。

4.1 実験方法

Behind Touch操作における人差指可動範囲を調べるために、4mmピッチ9×9ボタンの操作面を試作した(図4)。これは、人差指の触覚で凸形状のボタン一つを十分に認識することができるピッチである。まず被験者は、中央のボタンを基準として、操作しやすい位置でデバイスを持つ。そのまま持ち方を変えないようにして、合計81個の各ボタンを数回クリックし、操作性を評価する(図5)。予備実験から、クリック操作を伴わない場合、指の可動範囲は広くなることが分かっている。評価方法は、中央のボタンの操作性をA基準とし、[A]良い。中央のボタンと同様に問題なく操作ができる。[B]少し使いにくい。中央のボタンほどではないが、操作は可能。[C]悪い。操作が難しい、または指が十



図4：人差指の可動範囲を調べるための
操作面形状



図5：Behind Touch操作性実験の様子

分に届かない。]の3段階による主観評価である。実験は、ボタンの押しやすさに対する評価であり、指を動かして特定のボタンを短時間に認識する操作への評価は含まれない。5人の被験者は全員右利きで、右手による評価を20分空けて2回行なった。

4.2 実験結果

集計結果を[A]良いを黒に、[B]少し使いにくいをグレー50%に、[C]悪いを白として実験結果を図6に示す。中央のボタンは、A評価とした基準である。中央から左下の範囲で評価が高く、上・右方向では、急激に評価が下がり操作が困難であった。中央ボタン付近の9個のボタンに対し、全ての被験者が評価Aとしている。主観評価であることと、4mmピッチでの評価であるため、正確な操作有効範囲を

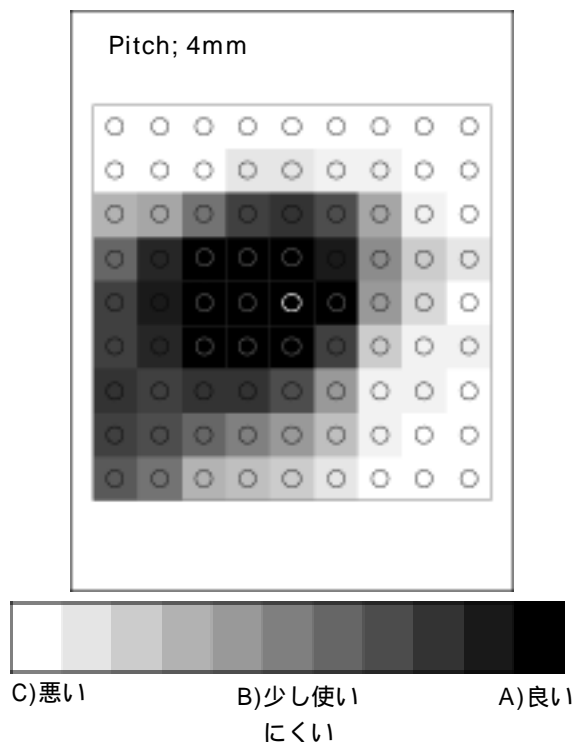


図6：中央のボタンを基準とした
人差指（右手）操作の評価（被験者10人）

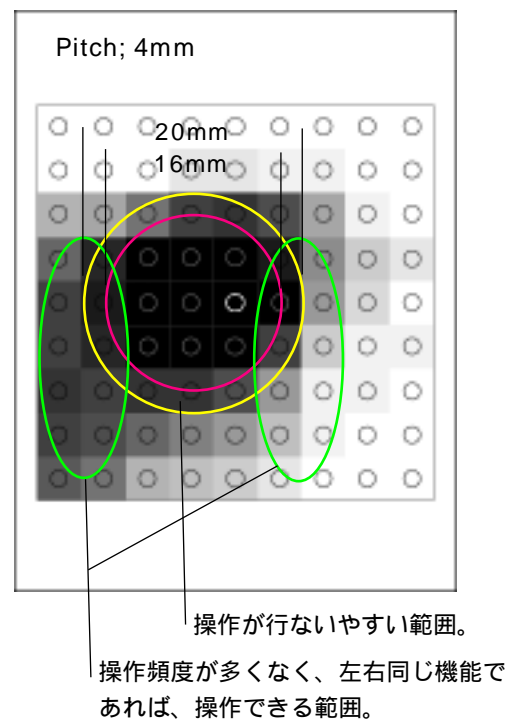


図7：プロトタイプ1の基準となる
人差指の操作可動範囲

判断することはできないが、左手での操作を考慮して左右対称とし、直径約16mm～20mmの円形の範囲を十分に操作可能な範囲としてプロトタイプを制作する基準とした（図7）。また、左下に伸びる濃いグレイの部分で、操作頻度が多くなく左右同じ機能ボタンであれば操作可能な範囲とした（図7）。操作性が良い範囲が中心からずれているが、デバイスの形状が手の持ち方に影響を与えていることが要因であると考えられるため、今後検討を行なっていきたい。また、デバイスの中心をずらしたり、角度を付ける方法も考えられる。その場合には、左右両方の手に対応させる必要がある。

5. 携帯電話方式による日本語入力（プロトタイプ2）

プロトタイプ1から操作面形状とマイクロスイッチの改善を行ない、ひらがな入力のインターフェースを制作した。現在の携帯電話利用方法は、電子メールが大きな比重を占めており、携帯電話でメールをやり取りする・文字を入力することが一つの文化となっている。よって、プロトタイプ2は、携帯電話と同様の文字入力操作とした。従来の携帯電話

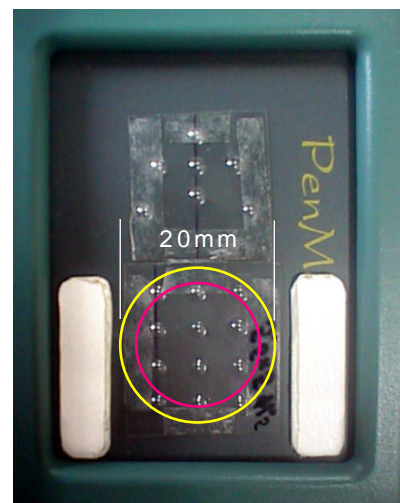


図8：プロトタイプ2の操作面

から、Behind Touch方式へのスムーズな移行を図る狙いである。デバイス形状はプロトタイプ1と同じである。操作面は、特殊なフィルムを押出す加工方法によりボタンの凸形状を成形した（図8）。この方法により、指への引掛りが減少し、指移動の操作性が改善された。操作面のボタンは、4の実験結果から半径20mm内に配置した（図8）。ボタン間隔は、横5.5mm・縦5mmである。

インターフェースは、電話番号入力・メニュー選



図9-1：電話番号
入力画面



図9-2：メニュー1



図9-3：メニュー2



図9-4：文字入力画面

図9：プロトタイプ2のインターフェース

折・メール作成(ひらがな文字入力)の機能を持つ(図9)。ボタン選択のインタラクションは、裏から指で押している感覚を強調するために、触れたボタンが裏側から押し出される表現とした。クリック時には、さらにボタンが膨れ上がる表現となる。

5.1 プロトタイプ2による評価実験

既存の携帯電話とプロトタイプ2を比較するために、文字入力のテストを行なった。日本語ひらがなの入力、携帯電話と同じ操作方法である。27文字(濁音を1文字としてカウント)の文書「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。」を入力するタスクである(図10)。被験者は5人で、各自の所有する携帯電話とプロトタイプ2を使用して、各5回入力を行なった。各被験者の入力時間の平均を図12に示す。実験の結果、プロトタイプ2での入力時間は、既存の携帯電話の90.6%～110.7%(t検定、 $p < 0.05$; 被験者A,C,E有意差無し、被験者B,D有意差あり)となり、既存の携帯電話と比較して、ほぼ同等または高速に入力が可能であった。被験者には、携帯電話文字入力のスキルに差があり、今後、被験者を増やして初心者と中級者・熟練者とに分けて評価を行ないたい。

6. その他の日本語入力方式

パソコン操作に慣れたビジネスマンや情報機器に不慣れな高齢・中年層にとって、現在の携帯電話の複数回同じボタンを押さなければならない文字入力方法には、抵抗があるのではないだろうか。よっ



図10：プロトタイプ2による文字入力テスト

て、Behind Touchによるクリック数が少なく簡単で分かりやすい文字入力方法として、子音・母音選択文字入力インターフェース(プロトタイプ3)を制作した。

他に、データベースを活用して、少ない操作で入力可能な曖昧検索や、最初の数文字だけの入力から予測変換を行なうことによって、単語や文書入力を単純・高速化するT9[7]・SHK・TouchMeKey[8]・CUT Key[9]・POBOX[10]などが開発されている。これらの入力方法は、Behind Touchのボタン機能割当ての変更や、変換機能を追加することによって実現可能であるため、プロトタイプ3では基本的な子音・母音入力方式とした。

また、PDAのペンタブレット上に凸ボタン形状のあるキーボードシールを貼りつけことによって、親指操作によるフルキーボードを実現した



図11：プロトタイプ3の子音・母音文字入力インターフェース

ThumbType[11]が市販されている。ボタン数が12より多い場合についても、プロトタイプによる検証を行なう。

6.1 子音・母音入力方式（プロトタイプ3）

プロトタイプ2の12キー配列をそのまま使用することによって、携帯電話方式と子音・母音入力方式とを切替えて使用可能なインターフェースを試作した。子音を選択すると、母音選択の画面に切り替わり、入力する文字を選択する（図11）。画面を切り替えることによって、一つのボタンに複数の機能を表示しなくてもよい利点がある。一文字を入力するためのクリック数は、2回である。携帯電話入力方式での平均クリック数よりも少なくなるが、位置の異なる2つのボタンを押すこととなる。プロトタイプ3では、母音選択画面に「きゃ」「きゅ」「きょ」など小文字を含んだひらがなのボタンを設け、文字入力の効率を改善した（図11）。濁音・半濁音は、現在の携帯電話同様、子音画面の「゛」「゜」ボタンにより変換を行なう。また、上記小文字を含んだひらがなの濁音・半濁音に変換する機能を加えた。例えば、「ひゃ」は、「びゃ」次に「ぴゃ」に変換する。

6.2 プロトタイプ3による評価実験

プロトタイプ2による評価実験と同じタスク・被験者により評価を行なった。プロトタイプ3による入力時間は、既存の携帯電話による入力時間の102.5%～153.6%となり（図12）、入力効率は低下している。携帯電話入力方式では、「あ・か・さ・た・な・は・ま・や・ら・わ」の文字は、1回のボタン操作で入力が可能であるが、プロトタイプ3で

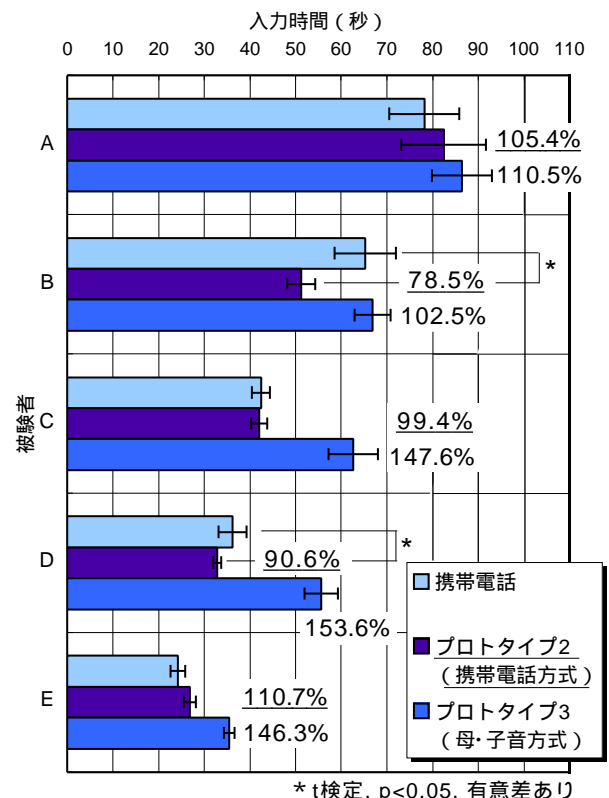


図12：携帯電話、Behind Touchプロトタイプ2およびプロトタイプ3による文字入力時間

は他の文字と同様に2回のボタン操作が必要であるため、違和感を感じる問題があった。しかし、携帯電話方式の様にボタンを押す回数を考えなくてもよくリズムカルに入力が行なえるため、操作が分かりやすく安心して入力できたという感想を得られた。よって、携帯電話入力方式になじめないユーザー層のためのインターフェースとして期待が持てる。

7. ボタン数が12より多い場合のBehind Touch

従来の携帯電話のキー配列に捕らわれず、16のボタンによる少ないクリック操作で文字入力可能にするアイデアを試作した。被験者によるひらがな入力テストでは、十分な入力速度が得られなかった。キー配列に熟練が必要であるようであった。プロトタイプ2・3での3×4ボタンの配列では、慣れてくるとボタン位置を指が覚えているような感覚で操作が可能であったが、16キーでは、触覚によってボタンの位置や配列を認識するのが難しく、効率的な入力ができない問題の要因となっている。このことから、ディスプレイ表示からの視覚フィードバック

よりも先に触覚によるフィードバックが操作性により影響を与えていると考えられる。Behind Touchでは、視覚フィードバックと同時に、触覚フィードバックが重要な要素であることを再確認した。ボタン形状を変化させたり、操作面に段差を付ける、表面処理を部分的に変えることによって、ボタンのレイアウトが触覚で認識可能なデバイスを開発する必要がある。

8. まとめ

携帯電話のための、背面・触覚デバイスによる直接操作に近いインターフェースを提供するBehind Touch方式の文字入力について、プロトタイプを制作しその実用性について検証を行なった。従来の携帯電話から、Behind Touchへのスムーズな移行ができるように同じキー配列・操作方法とした。人差指の可動範囲を考慮したプロトタイプ2では、現在の携帯電話とほぼ同等もしくは速い速度で文字入力を行なうことができた。また、プロトタイプ2と同じ12キー配列で、子音・母音選択によって文字入力を行なうプロトタイプ3を制作した。この入力方法は、効率は良くないが入力しやすいという感想が聞かれた。現状の携帯電話文字入力方式になじめないユーザー層の市場拡大に期待が持てる。

9. 他への応用と今後の可能性

本論文では、携帯電話にBehind Touchを適用したシステムとそのインターフェース・操作性について報告した。デバイスの触覚形状やフィードバックの改善によってBehind Touchはさらに快適な入力が行なえる可能性を持っている。操作面と表示部が離れていても操作が可能であるため、携帯電話だけでなくPDAやウェアラブルコンピュータ・家電製品のリモコンなどにも応用が可能である。表示部があり操作部を指で触ることが可能であれば、ポケットの中など操作面が見えない場所でも使用することができる。また、音によるフィードバックを利用することによって、視覚障害者への対応が容易に実現できる特徴を持っている。

Behind Touchは、操作面に触れた状態で操作を行なうことが基本である。よって、操作面の触覚や振動によるフィードバックを操作性に付加することによって、さらに効果的な操作感を提供できる可能

性がある。細かな振動制御を行なう ActiveClick [12]・触覚マウス[13]やフォースフィードバックタッチパネル[14]が考案されている。このような手法の振動フィードバックにより、クリック・ダブルクリック・ドラッグ・スクロール・長押しなどの様々な操作に、より確実な操作感を与えることができるであろう。

参考文献

- [1]三洋電機株式会社, 携帯端末, 公開特許公報(A)特開2000-049913, 2000
- [2]埼玉日本電気株式会社, 背面手書き入力機能を有する携帯電話機, 公開特許公報(A)特開2000-278391, 2000
- [3]松下電器産業株式会社, 電子機器, 公開特許公報(A)特開2002-077357, 2002
- [4]米谷昭彦, 高密度キーによるデータ入力システムの開発, 情報処理学会ヒューマンインターフェース91-11, pp69-76, 2000
- [5]阿部直哉, タッチパッド入力の可能性, 情報処理学会ヒューマンインターフェース 99-2, pp9-14, 2002
- [6]Jun Rekimoto, SmartSkin: An Infrastructure for Freehand Manipulations on Interactive Surfaces, CHI2002, pp113-120, 2002
- [7]T9, <http://www.tegic.com/>
- [8]Touch Me Key, <http://www.ipl.t.u-tokyo.ac.jp/~kumiko/TouchMeKey/TouchMeKey.html>
- [9]CUT Key, <http://misawa01.misawa.co.jp/CUTKEY/>
- [10]POBox, <http://www.csl.sony.co.jp/person/masui/OpenPOBox/>
- [11]Thumb Type, <http://www.thumbtype.com/>
- [12]Masaaki Fukumoto and Toshiaki Sugimura, ActiveClick: Tactile feedback for touch panels, CHI2001 summary, pp121-122, 2001
- [13]坂巻克己, 指先誘導方式による触覚マウス, 情報処理学会インタラクション2001 論文集, pp33-34, 2001
- [14]SMK, 多機能タッチパネル「フォースフィードバック タッチパネル」, http://www.smk.co.jp/whatsnew_j/628csc.html, 2002