

Behind Touch : 携帯電話のための背面・触覚操作インタフェース

平岡茂夫[†] 宮本一伸^{††} 富松 潔^{†††}

Behind Touch は、携帯電話や PDA などの携帯端末を対象とした入力デバイスおよび画面インタフェースである。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ことによって、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: Backside Keys with Tactile Sense Interface for Mobile Phones

SHIGEO HIRAOKA,[†] ISSHIN MIYAMOTO^{††} and KIYOSHI TOMIMATSU^{†††}

Behind Touch are input device and GUI for mobile medias like as mobile phones or PDA. Mobile phones have a limit in size, because portability is significant condition for them. In the proposed device, 12 keys are not arranged on the top but on the backside of mobile phone, in order to enlarge the liquid crystal display. However we cannot look the keys on backside to confirm their position when we operate. This research realizes a method to operate directly and speedily by interface which can help the operation of keys on backside by tactile sense device and Behind Touch's GUI of showing users' finger position. In Behind Touch, we select the button showing on display by touching the keys on backside and operate by pushing them. Behind Touch can offer comfortable text inputting or various operations with small-sized input device not only for PDA, wearable computer, but also remote controls of home electric appliances which their display are positioned away from the operating point.

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 1 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 2 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感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、機器からの触覚や視覚・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画面インタ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フェースを提案する。

[†] 福岡工業大学短期大学部
Junior College, Fukuoka Institute of Technology

^{††} 株式会社アイム
I'M Co., LTD

^{†††} 九州芸術工科大学
Kyushu Institute of Design

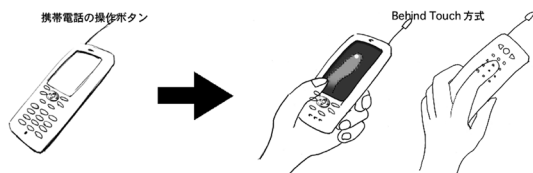


図1 携帯電話における Behind Touch の例
Fig.1 Behind Touch for mobile phones.

2. Behind Touch

Behind Touch は、操作する指の位置をユーザにフィードバックするインタ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る。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、次のボタンを選択する際にいったん指を操作面から離すので、触覚をたよりに次のボタンを探すことができず、このことが操作容易性を損ねてしまうかもしれない問題や、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)クリック感がないという問題を解決し、直接操作を行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ごとに独立したタッチセンサ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、少し強く押し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 画面インタフェース

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、または画面に表示されたボタンが背面の指の位置・移動量と異なっても、ボタンと指の相対



図2 Behind Touch デバイスの試作
Fig.2 Prototype of Behind Touch device.

位置が分かる画面表示を行うことによって、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¹⁾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座標変換を行い、触れているボタンを画面に表示する。Smart Skin⁶⁾方式のよう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 1カ所のみ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り付けられ、前後に可動する。タッチパッド背面に取り付けられたマイクロスイッチにより、少し押したとき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。

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、凸ボタン形状がない場合、つまり触覚によるボタンのフィードバックがない場合には、ボタンを選択することは困難であった。触覚フィードバックは、ボタン位置をより明確に認識し、指先のわずかな動きから

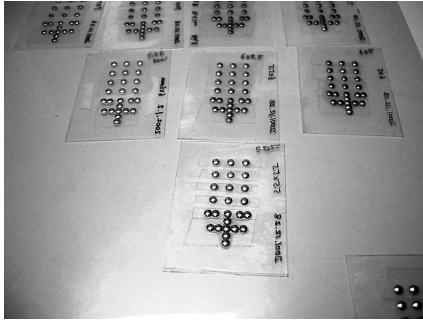


図3 プロトタイプ1操作面の試作

Fig.3 Trial models of operation face for Prototype 1.

別のボタンが選択されてしまう現象を抑える効果があると考えられる。

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。5~7mmの範囲で0.5mmごと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った。操作画面は、パソコンのディスプレイに表示される。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、5~6mm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堅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、操作面に触れさせたまま指を移動させ、触覚を頼りに次のボタンを探していることが分かる。プロトタイプ1では、デバイスのボタン形状やスイッチ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の可能性を確信することができた。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っている(図5)。画面が操作面と離れていること



図4 人差指の可動範囲を調べるための操作面形状

Fig.4 Operation face to investigate forefinger's moveable range.

と、実際のボタンと画面に表示されたボタンピッチの絶対値は一致しておらず比例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点である。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快適な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1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、クリック操作をとまなわない場合、指の可動範囲は広が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



図5 Behind Touch 操作性実験の様子
Fig.5 User-friendliness test for Behind Touch.

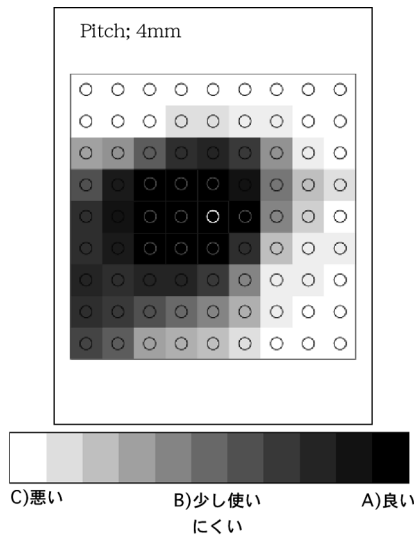


図6 中央のボタンを基準とした人差指(右手)操作の評価
Fig.6 Evaluation of forefinger (right hand)'s operation on the basis of central button.

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] をグレイ 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、すべての被験者が評価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16~20mm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

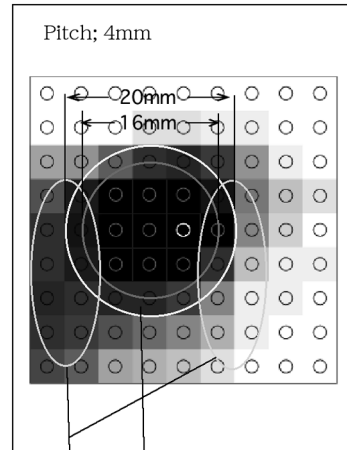


図7 プロトタイプの基準となる人差指の操作可動範囲
Fig.7 Forefinger's moveable range for operation as the standard for Prototype 2.

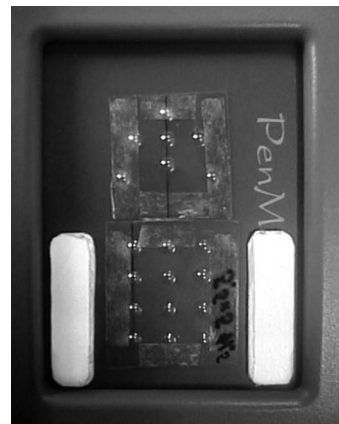


図8 プロトタイプ2の操作面
Fig.8 Operation face of Prototype 2.

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、今後検討を行っていきたい。また、デバイスの中心をずらす方法や、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. Behind Touch による日本語入力の評価

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、若者を中心に携帯電話による文字入力一般化しつつある。よって、Behind Touch と親



図 9-1 電話番号
Fig.9-1 Telephone
number input.



図 9-2 メニュー 1
Fig.9-2 Menu 1.



図 9-3 メニュー 2
Fig.9-3 Menu 2.

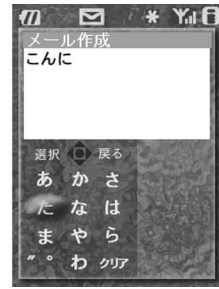


図 9-4 文字入力画面
Fig.9-4 Text input.

図 9 プロトタイプ 2 のインタフェース
Fig.9 Interface for Prototype 2.

和性の高い文字入力方式を検討するために、2種類のひらがな入力ソフトウェアを制作した。携帯電話入力方式(プロトタイプ 2)と子音・母音入力方式(プロトタイプ 3)である。背面の操作ボタンは、携帯電話と同じ 3 × 4 の配列である。

5.1 携帯電話入力方式(プロトタイプ 2)

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(図 8, 図 9, 図 10)。従来の携帯電話から、Behind Touch 方式へのスムーズな移行を図る狙いである。

5.2 子音・母音入力方式(プロトタイプ 3)

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ぬ文字入力方法には、抵抗があるのではないだろうか。よって、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・母音選択文字入力ソフトウェア(プロトタイプ 3)を制作した。入力デバイスはプロトタイプ 2と共通であるため、ソフトウェアを切り替えることにより、ユーザは入力方法の選択が可能となる。

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)。ボタンに割り当てられた機能の変化は、視覚的に確認することができる。1文字を入力するためのクリック数は、2回である。クリック数は、携帯電話入力方式と比べて少なくなるが、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う。また、上記小文字を含んだひらがなも濁音・半濁音に変換する機能を加えた。たとえば「ひゃ」は、「びゃ」次に「びゃ」に変換する。



図 10 プロトタイプ 2 による文字入力テスト
Fig. 10 Text input test by Prototype 2.



図 11 プロトタイプ 3 の子音・母音文字入力インタフェース
Fig. 11 Interface of consonants and vowels input for
Prototype 3.

5.3 その他の日本語入力方式

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うことによって、単語や文書入力を単純・高速化する T9⁷⁾・SHK・TouchMeKey⁸⁾・CUT Key⁹⁾・POBOX¹⁰⁾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 2, 3 では基本的なひらがな入力機能の

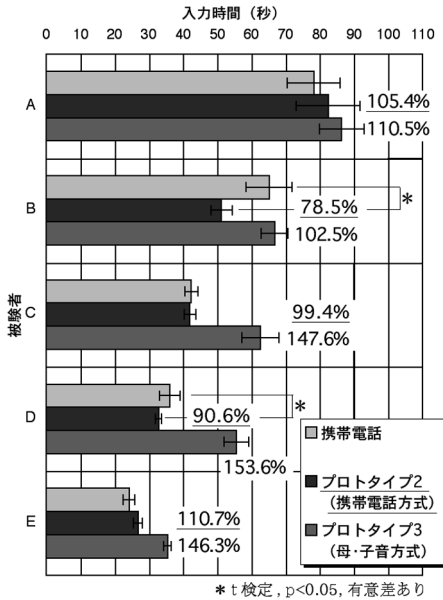


図 12 携帯電話, Behind Touch プロトタイプ 2 およびプロトタイプ 3 による文字入力時間

Fig. 12 Time required inputting text by mobile phones, Behind Touch Prototype 2 and Prototype 3.

みとした。

5.4 プロトタイプ 2, 3 による評価実験

既存の携帯電話と Behind Touch 方式のプロトタイプ 2, 3 を比較するために, 文字入力のテストを行った。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。」を入力する時間を測定した (図 10)。文章は, 携帯電話での複雑な操作を避けるために, 同じ列のひらかなが連続しない例文とした。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, 3 を使用して, 各 5 回入力を行った。

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った。操作面は, 特殊なフィルムを押し出す加工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 章の実験結果から半径 20mm 内に配置した (図 8)。ボタンピッチは, 横 5.5mm・縦 5mm である。

5.5 実験結果

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 有意差なし, 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。

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, 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, 違和感を生じる問題があった。しかし, 携帯電話方式のよう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文字入力方法として期待が持てる。

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・熟練者とは分けて評価を行いたい。

6. ボタン数が 12 より多い場合の Behind Touch

ThumbType¹¹⁾は, PDA に搭載するパソコンタイプの小型キーボードである。指で凸ボタンの操作を行う。凸ボタンによる触覚性を重視している点では Behind Touch と類似しているが, ボタン数が大きく異なる。よって, ボタン数を増やした Behind Touch の検証を行った。

従来の携帯電話のキー配列にとらわれず, 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。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という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。ボタン数を増やすためには, ボタン形状を変えることや, 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。

7. ま と め

携帯電話を対象とした, 背面触覚デバイスと画面インタフェースから構成される Behind Touch のプロト

タイプを制作した。操作を行う人差指の快適な可動範囲の実験調査からデバイスの改善を行い、その文字入力における実用性について検証を行った。携帯電話と同じ 12 キー配列・操作方法とした携帯電話入力方式では、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うことができた。また、同じ 12 キー配列で、子音・母音選択方式による文字入力では、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層の市場拡大に期待が持てる。

8. 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操作性について報告した。触覚・視覚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。ディスプレイを見ることができれば、操作面がポケットの中など見えない場所にあって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う ActiveClick¹²⁾、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, pp.69-76 (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, pp.9-14 (2002).

- 6) Rekimoto, J.: SmartSkin: An Infrastructure for Freehand Manipulations on Interactive Surfaces, *CHI2002*, pp.113-120 (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) Fukumoto, M. and Sugimura, T.: ActiveClick: Tactile feedback for touch panels, *CHI2001 summary*, pp.121-122 (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オン 2001 論文集, pp.33-34 (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」(2002). http://www.smk.co.jp/whatsnew_j/628csc.html

(平成 15 年 4 月 3 日受付)

(平成 15 年 9 月 5 日採録)



平岡 茂夫 (正会員)

昭和 61 年九州芸術工科大学芸術工学部工業設計学科卒業。同年松下電器産業(株)入社。平成 7 年松下通信工業(株)異動。平成 12 年福岡工業大学短期大学部講師。平成 14 年同大学助教授，現在に至る。インタフェース，インタラクシオンデザインに関する研究に従事。現在，九州芸術工科大学芸術工学研究科博士後期課程に在学中。日本デザイン学会会員。



宮本 一伸

昭和 45 年金沢美術工芸大学工業意匠科卒業。同年松下電器産業(株)入社。昭和 49 年九州松下電器(株)入社。平成 4 年(有)アイムデザイン設立。平成 9 年株式会社アイムに組織変更，現在に至る。製品デザイン，商品企画開発，商品開発設計/プロデュース等に従事。

**富松 潔**

昭和 51 年九州芸術工科大学芸術工学部工業設計学科卒業．同年三洋電機（株）入社，平成 3 年三洋 UK（英国）駐在．平成 4 年英国王立芸術大学院コンピュータリレイトッドデザインコースディプロマ修了．平成 6 年九州芸術工科大学工業設計学科講師．平成 9 年同大学助教授．平成 10 年博士（芸術工学，九州芸術工科大学）．平成 10 年同大学芸術情報設計学科へ転属．平成 15 年統合による組織変更により九州大学大学院芸術工学研究院，現在に至る．インタラクション，インタフェースデザイン等の研究に従事．ACM，SHIGCHI，日本デザイン学会評議員，芸術工学会，インタフェース学会各会員．
