

文鎮メタファを利用した小型情報機器向けインタフェース

椎尾 一郎[†] 辻田 眸^{††}

PDA や携帯電話などの表示画面が小さな小型情報機器では、大きなサイズの WWW ページなどを閲覧する場合に、スクロール操作と閲覧操作を頻繁に繰り返す必要がある。本論文では、表示コンテンツのスクロール操作と編集操作を直感的に切替える手段として、文鎮メタファにもとづくインタフェース手法を提案する。平滑な机の上に紙片を置き、片手で紙片に文字を書き込もうとする場合、筆記具の先だけを紙の上において動かすと、文字を書くことができず紙が滑ってしまうことがある。このような状況では、人は、手のひらを使って、紙を押さえて固定して文字を書こうとする。手を使って文鎮のように紙を押さえるこの動作をメタファとして利用すれば、スクロールと編集操作をスムーズに切替えるインタフェースが実現可能である。そこで、本論文では、ペン入力可能な PDA 等の手のひらが当たる部分にタッチセンサを取り付けたデバイスを提案する。これにより、手のひらがタッチセンサに触れていないときに、ペンでドラッグするとコンテンツがスクロールするインタフェースを実現できる。本論文では、このインタフェースを実装し、地図、WWW ページ、写真を閲覧するアプリケーションを試作し評価した。

Mobile Interaction Using Paperweight Metaphor

ITIRO SHIO[†] and HITOMI TSUJITA^{††}

Conventional scrolling methods for small sized display in PDAs or mobile phones are difficult to use when frequent switching of scrolling and editing operations are required, for example, browsing and operating large sized WWW pages. In this paper, we propose a new user-interface method to provide seamless switching between scrolling and other operations such as editing, based on "Paperweight Metaphor". A sheet of paper that has been placed on a slippery table is difficult to draw on. Therefore, in order to write or draw something on the sheet of paper, a person must secure the paper with his/her palm to avoid the paper from moving. This will be a good metaphor to design switching operation of scroll and editing modes. We have made prototype systems by placing a touch sensor under each PDA display where user's palm will be hit. We also have developed application programs to browse maps, WWW pages and photographs, which switch scrolling and other operation mode by the sensor output, and have evaluated them.

1. はじめに

生活のあらゆる場でコンピュータを利用するユビキタスコンピューティングを実現するための研究がさかんになっている。コンピュータ技術が生活に浸透した透明なユビキタスな存在になるためには、なお解決すべき課題は多い。それでも、ネットワークの利用形態が PC(Personal Computer) から携帯電話に移行しつつあるように、コンピュータデバイスの日用品化

は着実に進んでいる。

このように、小型情報機器として著しく普及しつつある携帯電話であるが、小型であるために操作性や表示の一覧性に課題がある。その一つとして、PDA(Personal Digital Assistant) や携帯電話などの小型情報機器では、表示画面が小さいために、サイズの大きなコンテンツを一度に表示することが困難な場合が多いことがあげられる。大きなサイズのコンテンツを表示するために、一般には、コンテンツの一部のみを表示して、スクロールバー操作や、コンテンツ部分のドラッグ操作等により、残りの部分をスクロール表示する手法がとられる。そのため、たとえばデスクトップ PC などの大型画面を想定して作成された WWW コンテンツを閲覧しながら、ボタンやリンクをクリックしたり、検索などの文字入力を行ったりする場合には、

[†] お茶の水女子大学理学部情報科学科
Department of Information Sciences, Ochanomizu University

^{††} お茶の水女子大学大学院人間文化研究科
Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University

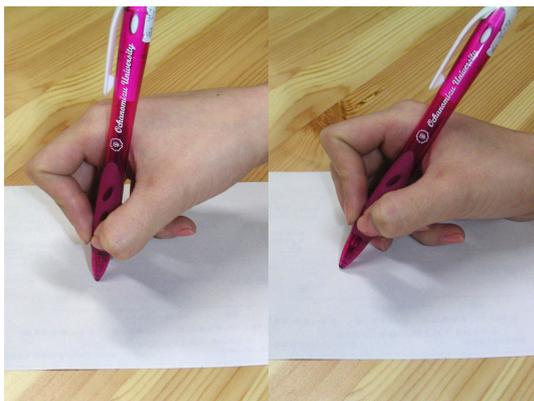


図 1 文鎮メタファの説明．机上の紙片は筆記具を動かすと移動してしまう(左)ので、書き込むには手で押さえないければならない(右)．このような手で押さえる動作を利用してスクロールと編集モードを切替える．

Fig. 1 Explanation of “Paperweight Metaphor.” Since the paper on the desk moves when writing tool is moved (left), we must hold it down it by our hand to write letters on it (right). Making use of the familiar action as a metaphor, we could design intuitive switching operation for the scroll and edit modes.

コンテンツのスクロールと、コンテンツの操作・編集を交互に頻繁に繰り返す必要がある．コンテンツ操作とスクロール操作の切替えには、スクロールバーの場合は、スクロールバーまで指示装置を移動する必要があり、コンテンツ部分のドラッグでスクロールする場合は、スクロールモードへの切替えが必要となる．この操作が頻繁に必要になり煩雑になることが、小画面表示デバイス进行操作の際の問題点となっていた．さらに、スクロールバーやモード切替えボタンの表示のために、小画面の貴重なスペースを消費してしまう問題点もある．

このため、ディスプレイが小さい小型情報機器のために、スクロール操作、ズーム操作、編集操作を、シームレスに実現するユーザインタフェース手法の実現が望まれていた．

2. 文鎮メタファ

本研究では、表示コンテンツの編集操作とスクロール操作を直感的に切替える手段として、文鎮メタファにもとづくインタフェース手法を提案する．図 1 のように、平滑な机の上に紙片を置き、片手で紙片に文字を書き込もうとする場合、筆記具の先だけを紙の上において動かすと、文字を書くことができず紙が滑ってしまうことがある(図 1 左)．このような状況では、人は、手のひらを使って、紙を押さえて固定して文字を書こうとする(図 1 右)．



図 2 文鎮メタファのためのセンサを実装した 2 種類の試作機．左は丸印で示したタッチセンサ電極を画面下部中央に設置し、右は右下部に設置した．

Fig. 2 There are two kinds of prototype systems. Left prototype has a touch sensor electrode (marked by white circle) in the bottom, while right has it at the right-bottom corner.

このように、手を使って文鎮のように紙を押さえるという、ユーザが慣れ親しんでいる動作をメタファとして利用すれば、スクロールと編集操作をスムーズに直感的に切替えるインタフェースが実現可能である．たとえば、机の上の紙をスライドさせる動作は、表示内容をスクロールさせる操作として利用することができるし、紙を押さえて文字を書く動作は、表示内容を編集する操作として利用できる．

文鎮メタファは、編集以外の他の操作、たとえば表示内容の回転やズーム操作にも利用できる．平滑な机の上に置かれた紙を手のひらで弱く押さえつつ、筆記具を紙に当てて左から右に動かすと、手のひらで固定した部分を中心として、紙が時計方向に回転することがある．この動作は、表示内容の回転操作として利用できる．また、もし机の上に置かれた物が、薄いゴムシートのように伸縮し易い素材であった場合、手のひらで押さえつつ筆記具を当てて手前から向こうへ動かすと、ゴムシートは引き延ばされるし、逆に動かせばゴムシートは収縮するであろう．この動作は、表示内容の拡大、縮小操作として利用できる．

3. 応用例と実装

文鎮メタファによるインタフェースを実現するために、PDA のペンを持つ手のひらが当たる場所に、タッチセンサ の電極を取り付けた 2 種類の試作機

SHARP 社: Zaurus SL-C720 (Linux OS) および Hewlett Packard 社: iPAQ h2210 (Windows Mobile 2003).
Quantum Research Group 社: QTouch.



図 3 上はセンサ (円内) に触れずにドラッグすることでスクロールしているところ、下はセンサに触れることで手書きメモ入力しているところ。

Fig. 3 (top) A user scrolls the map while not touching the sensor (at the oval mark) and dragging. (bottom) A user draws handwritten note while touching the sensor.

を作製した。これらを図 2) に示す。タッチセンサの出力値は、PDA に有線で入力されている。この信号をプログラムで読み取ることにより、人の手が触れているかどうかによって、表示内容を実行するモードを切替えるインタフェースが実装可能になる。

文鎮メタファーが、さまざまなアプリケーションに適用できて有用であることを示す目的で、地図ブラウザ、WWW ブラウザ、および写真ブラウザの 3 種類のアプリケーションを開発した。これらのアプリケーションでは、センサの出力を利用して、スクロールモードと操作モード、すなわちメモ書き、WWW 操作、ズームと回転とのスムーズな切替えを実現している。

3.1 スクロールと編集モード

文鎮メタファーを利用した最も有望なインタラク



図 4 文鎮メタファーによるスクロールモード切替えを実装した WWW ブラウザ。

Fig. 4 WWW browser prototype.

ション手法は、手がセンサに触れている、または触れていないにより、表示内容の操作モードとスクロールモードを切替える方法であろう。この手法は平滑な机の上に紙片を置いて、これに片手で文字を書くときの状況をメタファーとしている。

手のひらで押さえるもしくは押さえない動作により、たとえば、ワードプロセッサの編集モードとスクロールモードを切替えることができる。大きなキャンバスに描画するグラフィックスエディタなどでも、このような直感的なスクロール操作が有効である。さらに、PDA や携帯電話用の WWW ブラウザにも有効である。大きな画面の PC 向けに用意された WWW ページも、直感的なスクロールモードへの切替えを実現することで、容易に閲覧しスムーズに操作できるであろう。文鎮メタファーを用いたスクロールと編集モードの切替えは、これ以外の様々な産業向け PDA アプリケーション、たとえば、医療現場で患者のカルテを閲覧しメモ書きするシステム、現場での棚卸し支援アプリケーションなどにも応用できるであろう。

3.1.1 地図ブラウザ

文鎮メタファーを使ったスクロールモード切替えの有用性を確認するために、図 3 に示す地図ブラウザを試作した。ユーザがタッチセンサに手のひらを当てない状態で画面をドラッグすると、表示された地図はペンの動きにあわせてスクロールする。一方、タッチセンサに手のひらを当てながらドラッグすると、地図はスクロールせず、その上に手書きメモを書き込むことができる。

3.1.2 WWW ブラウザ

次に、文鎮メタファーによるスクロールモード切替えが WWW ページの閲覧操作にも有効であることを

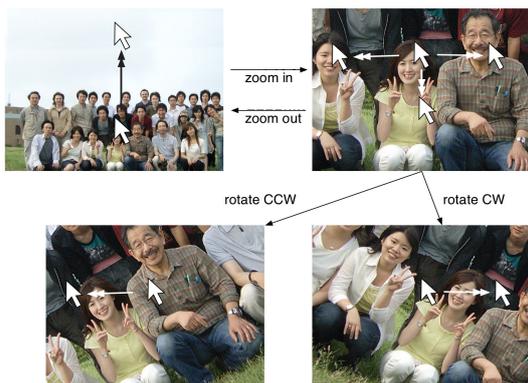


図5 文鎮メタファーにもとづくスクロール、ズーム、回転操作を実現した写真ブラウザ。

Fig. 5 Zooming in/out and rotating a photograph by pen dragging while touching the sensor.

示すために、図4に示すWWWブラウザを試作した。地図ブラウザと同様に、ユーザがタッチセンサに手のひらを当てないでドラッグすると、表示されているWWWページがペンの動きに合わせてスクロールする。一方、センサに手のひらを当てた状態で画面を操作すると、従来のWWWブラウザと同様の操作、たとえば、リンク部分をクリックする、ボタンを押す、ソフトウェアキーボードや手書き文字認識ボックスを使って入力ボックスにテキストを入力するなどの操作が可能になる。

3.2 スクロールと回転拡大縮小モード

3.2.1 写真ブラウザ

次に、文鎮メタファーによる操作を採用して試作した写真ブラウザの機能を、図5で説明する。このアプリケーションでも、手のひらをセンサに当てないで画面をドラッグすると、ペンの方向に写真がスクロールする。一方、手のひらを当てながら、ペンで画面をドラッグした場合は、写真の拡大縮小と回転の操作を行うことができる。これは前節で述べた、紙が不完全に固定された状態の動作にもとづいている。すなわち、ペンを左右にドラッグすると、手のひらで固定している部分を中心に、ペンの動く方向に写真が回転する。また、薄いゴムシートのような素材を手のひらとペンで伸縮させる動作にもとづいて、ペンを画面上方にドラッグすると写真が拡大し、下方にドラッグすると写真が縮小する。以上のシームレスな操作の組み合わせにより、直感的な操作で写真を拡大、縮小、回転、スクロールし、閲覧することが可能になる。

3.3 ウェアラブルへの応用

本論文では、ペンや手を使う2次元入力装置の周囲にタッチセンサを配置する手法を提案している。これ



図6 腕装着型ウェアラブルコンピュータへの応用。文鎮メタファーは片手操作が必須の状況で効果的である。

Fig. 6 Switching scroll mode in a wrist-mounted computing. The touch sensor around the display will increase the numbers of effective functional capabilities, using only one hand.

までは、PDAや携帯電話において、紙を手で押さえる文鎮メタファーにもとづいた操作について述べた。この操作は、ウェアラブルコンピュータやノートPCにおいても有用である。

文鎮メタファーにもとづくユーザインタフェースの実現は、従来コンピュータの入力に利用されなかった手のひらの接触というユーザ動作を活用しようとする試みである。たとえばペンコンピュータにおいては、タップ、ダブルタップ、各種ジェスチャなどのペン操作に加えて、手のひらの接触を利用することでより多様なインタラクション手段を提供できる。本方式は特に、インタフェースに利用できる人の動作が制約されるコンピュータ利用形態、たとえばウェアラブルコンピュータ利用において、インタフェース手法の選択肢を広げる手段として重要になるであろう。ウェアラブルコンピュータ利用において、ユーザは、コンピュータの操作に加えて、しばしば実世界のタスクを実行する必要がある。このため、ハンズフリーなコンピュータ操作が重要になる。両手をすばやく解放させる操作形態として、片手操作が可能な腕装着型のデバイスが数多く開発されている。このようなデバイスで、入力領域の周囲にタッチセンサを配置して、手のひらの接触を利用してモードを切替える本手法は、片手で操作できる機能の数を増やすことができ有効である(図6)。

3.4 その他のモード切替えへの応用

携帯電話や PDA への手のひらの接触は、文鎮メタファーにもとづく操作以外に、素早く操作できるモード切替え手段として利用できる。たとえば以下のような利用が考えられる。

小型情報機器は公共の場に携帯されて利用されることも多い。そのため、住所や電話番号など個人情報を記入したり、パスワードを入力するなど、他の人に画面を見られたくない場合もある。そこでプライベートな情報を入力(手がタッチ)している時に、バックライトの照度を下げる等の仕組みを機能させ、のぞき防止用の画面とすることが可能である。

ディスプレイ一体型タブレットを間に置いて対向する2名のユーザが、両方向から同時に操作する利用環境において、接触センサをそれぞれのユーザの手のひらの当たる場所に設置すれば、どちらのユーザが画面の操作をしているのかを検出することができる。これにより、どちらのユーザの書き込みであるかを判定して記録するアプリケーション等が実現できる。

ノート PC などでは、指先の接触位置を検出するタッチパッドと呼ばれる指示装置が用いられている。タッチパッドの手前に接触センサを取り付ければ、通常はマウスのような相対座標入力装置として機能し、手のひらが当たっている場合には、ペンタブレットのような絶対座標入力装置として機能させることができる。これにより、例えば、手のひらを触れた状態で、タッチパッドに文字を書くことで、文字認識を行い文字入力を行うなどの機能を実装することが可能になる。

4. ユーザ評価

本研究で開発した試作機を使い、試作アプリケーションや評価用のプログラムを実際に使用してもらい、ユーザ評価を行った。なお、以下のすべての評価では、ユーザは試作機を片手で保持し、もう一方の手でペンを操作した。また、使用に先立って、文鎮メタファーの説明をして、動作モデルを理解してもらった。

4.1 タッチセンサ位置の検討

タッチセンサの感知部分の適切な位置を決めるために、図2に示す試作機により、ユーザ評価を行った。まず図2の左に示す、表示部下部の中央に左右対称な大きな電極を配置した試作機を評価した。これは利き手が左右どちらの人でも使える配置である。被験者は年齢22歳前後の7人の学部学生で、コンピュータ利用者ではあるものの、日常的なPDA利用者ではない。このうち2名が左利きであった。前節で紹介した地図ブラウザを利用して、所属大学の周辺地図を表示し、

被験者らに、最寄り駅から大学正門までの道順をペンで描いてもらうタスクを依頼した。地図は面積比で画面の5.3倍の大きさであったため、このタスクを実行するためには、タッチセンサを使った画面スクロールと書き込みのモード切替えを頻繁に繰り返す必要がある。

操作の様子を観察したところ、被験者らはタッチセンサ電極の中央部分ではなく、左右いずれかの利き手の側の部分を使って操作していることが判明した。右利きの被験者のすべてが、図2の右に示すような、センサ部分が表示部分の右下に設置されるデザインが望ましいと述べた。これらのフィードバックから、タッチセンサは表示下部の利き手側に設置するのが良いと結論した。センサーの場所、大きさ、形に関しては、今後、個人差や、機器の大きさや形に合わせたさらに細かい調整と設計検討が必要と思われる。

4.2 デモにおけるコメント

このユーザ評価にもとづき、表示画面の右下の角にタッチセンサをとりつけた試作機(図2の右)を制作し、合計50人以上のユーザを対象に国内外でデモを行った⁹⁾⁸⁾。試用したほとんどの人々がスクロールと編集モードをスムーズに切替えることができたと感想を述べた。また、文鎮メタファーにもとづくモード切替え操作は、直感的で使い易く覚え易いとの評価を得た。一方で、タッチセンサが反応しているかどうかはわからなく不安に感じることがあるとの感想も得た。この問題に対応するためには、表示もしくは音などを用いて、モード切替えの状態をわかり易く提示する必要があると考えている。

本システムを試用した一部のユーザーから、ディスプレイ右下に表示された内容を編集する作業が困難であるという指摘を受けた。この部分はタッチセンサに近い部分であるので、右手部分のひらで覆われる部分である。本方式ではスムーズなスクロール手法を提供しており、これにより操作対象を容易に画面中央に移動させることができるので、慣れるに従い、作業が困難な場所に置かれた内容を操作しようとする試みが、次第に少なくなるのではと考えている。一部の試用者から、手のひらで覆われる部分の編集を行うために、PDAを支えている非利き手の親指で操作する追加のタッチセンサが欲しいという要望もあった。Liらは、非利き手で操作するスイッチにより、さまざまなモード切替えを行うことで、操作効率が改善される指摘している⁴⁾。非利き手親指で操作するモード切替えスイッチとの比較は次節で述べる。

小型情報機器を、歩行中や乗り物の中のような動揺

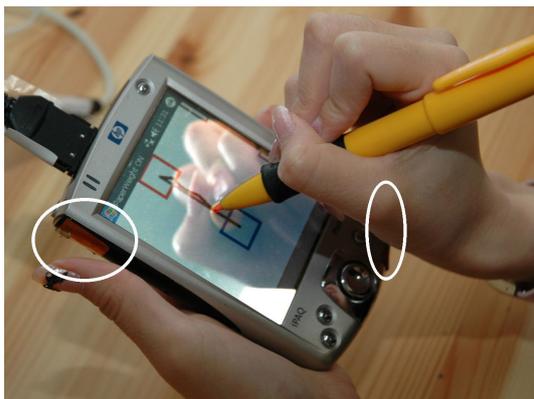


図7 利き手(右手)の手のひらが当たる部分(右円内)と、非利き手(左手)の親指があたる部分(左円内)にタッチセンサをつけた試作機。評価実験用プログラムが動作している。

Fig. 7 A prototype for the comparison experiment with two sensor electrodes: one for the palm of the dominant hand (at the right oval mark) and the other for the thumb of the non-dominant hand (left).

する環境で使用する場合、手のひらを当てて手を支えることで安定した入力が可能になる。実際に一部のPDAでは、下部の角を丸くデザインして、手のひらを快適に当てられるよう考慮されている。手を機器に当てて小型情報機器を操作することは日常的に行われており、これを前提とした本方式はユーザに受け入れられると考えている。また、細かい作業が必要で動揺を嫌う編集作業を、手のひらを当てて行い、全体を閲覧するようなおおまかなスクロール作業を、手のひらを浮かして行う本方式は、合理的な割当であると言える。

4.3 評価実験

提案システムの有効性を定量的に検証するために、表示内容のスクロールと操作を行う作業の効率を測定し比較する実験を行った。20代から60代の被験者5人(男2人、女3人、全員右利き)に対し、ペンを持つ右手の手のひらの接触でスクロールモードを切替える本手法(以下文鎮方式)、機器を支える左手の親指でモードを切替える手法(以下親指方式)、スクロールバーにより内容をスクロールする従来の方式(以下バー方式)、PDAの画面下部中央にある十字型カーソル移動キーにより内容をスクロールする従来の方式(以下十字方式)との比較を行った。スクロールバーはWindows Mobile標準のもので、13画素幅である。PDAアプリケーションにおいて、十字型カーソル移動キーが画面スクロールにしばしば使用されるため、

たとえば HP 社: iPAQ rx1950 など

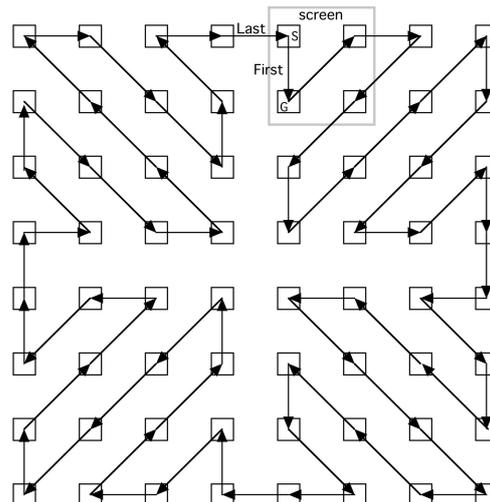


図8 評価実験のタスク。64個の正方形を矢印の順番で結ぶ。灰色の枠はスクリーンの大きさ。

Fig. 8 The subjects are asked to draw lines between 64 squares. The gray rectangle indicates the dimensions of the screen.

十字方式も比較対象とした。十字キーが押されると、画面が10画素スクロールするようにプログラムした。これはスクロールバーの三角マーク部分のクリックに相当するスクロール量である。

親指方式を含めた比較実験を実施するために、図7に示すように、機器を支える手の親指があたる部分にもタッチセンサをつけた試作機を製作した。この試作機の画面に、図8に示すように、50x50画素の正方形を150画素間隔で8x8個、合計64個並べて表示した。正方形を表示した領域(1100x1100画素)は表示画面(240x268画素)より大きいので、図7に示すように一部しか表示されない。

被験者には、隣接する2個の正方形を、図8に示すように線を描いて結ぶタスクを依頼した。このように正方形をジグザグに結ぶ作業とすることで、上下左右方向のドラッグ回数がそれぞれ7回、右上、右下、左下、左上方向のドラッグ回数がそれぞれ9回になり、8方向のドラッグ回数をほぼ同一にすることができた。画面上では、一組の隣接正方形の枠をそれぞれ赤色と青色にし、その間にグレーの線を描いて線を描く作業を指示した。被験者は、図7に示すように、始点の正方形から終点の正方形までペンをドラッグして線を描く。ドラッグの始点と終点がそれぞれの正方形内であれば、線を結ぶ作業が正しく終了したと判断した。

実験では、被験者が64個の正方形を線で結び終えるまでの時間を測定した。また、エラー回数(正方形

の外側でペンダウンもしくはペンアップした回数)も計数した。測定はそれぞれの方式に対して2回、順番を入替えて行った。それぞれの回の被験者全員の平均値を表1に示す。

表1 タスクの所要時間(秒)(括弧内はエラー回数)
Table 1 Average completion time (sec.). (Errors)

	文鎮方式	親指方式	バー方式	十字方式
1回目	190 (7.4)	178 (14.6)	238 (4.8)	253 (5.4)
2回目	184 (6.0)	165 (8.6)	227 (4.8)	245 (3.4)

本方式および親指方式と比べて、バー方式および十字方式はタスク達成に時間を要している。スクロール方向が限定されるバー方式および十字方式にくらべて、画面を自在にドラッグしてスクロールする本方式および親指方式のほうが、高速にスクロール操作できることがわかる。しかし高速である反面、エラー回数が多く、ドラッグモードとスクロールモードを切り替え操作ミスが生じていると考えられる。

本方式と親指方式を比較すると、本方式の方がエラー回数が少なく、モード切り替えの失敗が少ないと言える。2回目の測定で親指方式のエラー回数が大幅に改善されている様子から、親指方式は本方式のように自然なメタファーに基づいていないため、モード切り替えが恣意的になっていて、学習が必要であることがうかがえる。その一方で、親指方式の方が本方式よりも若干高速であった。これは、使用したPDAの画面と、タッチセンサを取り付けた筐体端の部分が近接していて、タッチセンサ付近でのペン操作が困難であったことが原因であろう。被験者に感想を述べてもらったところ、文鎮方式と親指方式を比較した場合、「親指方式はボタンを押しているのか離しているのかわからなくなる。」「親指に神経を集中しなければならないので疲れる。」と本方式を支持する意見が多い一方で、「右下のセンサ付近は操作しにくい。」と、センサに当たった手で覆われる部分の操作のし難さを指摘する声があり、以上の分析を裏付けるものとなった。本方式を十分に生かすためには、パームレスト部分を確保して快適に操作できるような筐体設計も考慮する必要があると考えられる。

5. 関連研究

ノートPCのタッチパッドにユーザの指が接触することを利用して、キーボードの機能を切替える手法が

提案されている⁷⁾。本研究は、小型スクリーンを備えた情報機器を対象としている。また、小型情報機器の画面の周囲に指先接触位置センサを配置して、この操作によりページめくりなどを実現する手法が提案されている³⁾。また、傾きセンサを用いて地図やメニューを操作する手法⁶⁾¹⁾、圧力センサや傾きセンサを用いて文書などをスクロールする手法Harrison²⁾などが提案されている。またRodDirect⁵⁾では、小型情報機器に半分格納したペンを回転したり抜き差しすることによる操作を実現している。本研究では、単純なタッチセンサの追加により、文鎮メタファを提案したスムーズなモード切替えの実現を目的としている。

6. まとめ

文鎮メタファを適用して、手のひらがタッチセンサに触れている間は文字入力等のコンテンツ操作が可能であり、手のひらが離れている時にはドラッグによりスクロールするインタフェースを考案した。これにより、直感的で自然な操作で、モードを感じさせることなく、コンテンツのスクロールとコンテンツの操作・編集を切替えて操作することが可能になった。さらに、このインタフェースを実装し、地図、WWWページ、写真を閲覧するアプリケーションを試作し評価した。これらのアプリケーションを50人以上のユーザに試してもらい、評価とコメントを得た。また、従来方式であるスクロールバーを使った方式と、機器を支持する手の操作を使ったモード切換え方式との比較実験を行い、本方式が有用であることを示した。

今後は、小型情報機器のみならず、タブレットPCやペンタブレット、ノートPCのタッチパッド、ウェアラブルコンピュータなどに、タッチセンサによるインタフェースを実装し、人の自然な行動による人体の接触を利用したインタフェースの提案と評価を行いたい。

謝辞 本件研究は、科学研究費補助金(基盤研究B)の支援を受けた。

参考文献

- 1) Fitzmaurice, G. W.: Situated information spaces and spatially aware palmtop computers, *Commun. ACM*, Vol.36, No.7, pp.39-49 (1993).
- 2) Harrison, B. L., Fishkin, K. P., Gujar, A., Mochon, C. and Want, R.: Squeeze me, hold me, tilt me! An exploration of manipulative user interfaces, *CHI '98: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co., pp.17-

- 24 (1998).
- 3) Hinckley, K., Pierce, J., Sinclair, M. and Horvitz, E.: Sensing techniques for mobile interaction, *UIST '00: Proceedings of the 13th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, NY, USA, ACM Press, pp.91–100 (2000).
- 4) Li, Y., Hinckley, K., Guan, Z. and Landay, J. A.: Experimental analysis of mode switching techniques in pen-based user interfaces, *CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, ACM Press, pp.461–470 (2005).
- 5) Miura, M. and Kunifuji, S.: Using Stylus as a Peripheral Input Device, *ACM UIST2005 Companion (Demo)*, pp.45–46 (2005).
- 6) Rekimoto, J.: Tilting operations for small screen interfaces, *UIST '96: Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*, New York, NY, USA, ACM Press, pp.167–168 (1996).
- 7) Rekimoto, J.: ThumbSense: automatic input mode sensing for touchpad-based interactions, *CHI '03: CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, New York, NY, USA, ACM Press, pp.852–853 (2003).
- 8) Sio, I. and Tsujita, H.: Finding Objects in "Mobile Interaction Using Paperweight Metaphor", *CHI '06 extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM Press, pp.1325–1330 (2006).
- 9) 辻田 眸, 椎尾一郎: 文鎮メタファを利用した小型情報機器向けインタフェース, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, インタラクシオン 2006 論文集, Vol.2006, No.4, pp.203–204 (2006).

(平成 18 年 6 月 21 日受付)

(平成 18 年 12 月 7 日採録)

椎尾 一郎 (正会員)



1984 年東京工業大学大学院総合理工学研究科博士課程修了。同年、日本アイ・ピー・エム株式会社東京基礎研究所。1997 年玉川大学工学部助教授, 2002 年同教授。2001 年

米国ジョージア工科大学客員研究員。2005 年より、お茶の水女子大学理学部情報科学科教授。実世界指向インタフェース, ユビキタスコンピューティングを中心に研究。ソフトウェア科学会, 情報処理学会, ヒューマンインタフェース学会, ACM 各会員。工学博士。

辻田 眸 (正会員)



2005 年お茶の水女子大学理学部情報科学科卒業。2006 年よりお茶の水女子大学大学院人間文化研究科数理・情報科学専攻在学中。情報処理学会会員。