

携帯端末タッチスクリーンにおける指の接触状況に応じた操作切替

小笠原直人, 佐藤究, 布川博士

岩手県立大学ソフトウェア情報学部

PDAや携帯電話の小型画面で大きなサイズの情報を表示する際、スクロール操作が多くなり、操作が煩雑になるという問題がある。本研究では、タッチスクリーンにおいて、スクロール操作と、画面に対する操作を直感的に切替える手段として、指の画面に対する接触状況に応じた操作切替え方法を提案する。通常紙に対し、文字を書く際にはペンを、紙を動かす場合は手を使うという自然な行為を応用し、画面に対しスタイラスペンもしくは、指先で接触している時には画面に対する編集、指の腹で接触している時にはスクロール操作と接触状況に応じてモードを切り替えることにより、容易な操作の実現を可能にする。

The mode changeover method corresponding to the contact conditions of the finger in the PDA's touch screen

Naohito Ogasawara, Kiwamu Sato, Hiroshi Nunokawa

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

Recently, it has become popular that people read the web pages that were made for PC with cellular phone or PDA. But conventional scrolling methods for small sized display are difficult to use. In this paper, we propose a new mode changeover method to provide seamless switching between scrolling and other operations such as editing. Usually we use a pen to write, and use finger or palm to move the paper. We apply this action to change the mode of operation.

1. はじめに

近年、PDAや携帯電話、タブレットPCなど、タッチスクリーンを持つ情報機器が一般的になっている。タッチスクリーンでのGUIの操作には以下のような利点がある。

- スタイラスペンや指を使って直接画面のボタンを押すことができるという直感的な操作が可能である
- 紙のメタファで例えられるように、画面にスタイラスペンで線を直接書くことができる

しかし、現在普及している多くのタッチスクリーンを持つ情報機器では、基本的なGUIの操作体系がマウスとキーボードを入力デバイスと想定してデザインされていることが多く、このことからペンでの操作が逆に不便になるケースも存在する。ペンでの操作が最も不便なケースとして代表的な物に、スクロール操作がある。ペンによる画面操作によりスクロールを実行するためには、従来のGUIでのスクロールのコントロール部品である、ウィンドウや画面端のスク

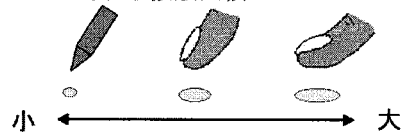
ロールバーまでペンや指を移動させ、ドラッグ操作をする必要があり、最近のマウスで一般的なスクロールホイールや、ノートPCでのスクロールボタンと比較して操作が困難であるという問題がある。PDAや携帯電話のような小画面しか持たない携帯情報機器ではこの問題がさらに顕著である。なぜなら、画面が一般的なPCと比較して遥かに小さいため、大きなサイズのコンテンツを表示する場合、スクロール操作が必然的に多くなるからである。さらに最近では携帯端末の液晶画面は高解像度化してきており、DPI(Dot per Inch)が大きくなってきているため、相対的にスクロールバーのサイズが小さくなり、ペンや指で正確に指し示すことが困難になってきている。

2. 指の接触状況に応じたモード切替

本研究では、前章で述べた問題点を解決するために、スクロール操作と、画面に対する操作を直感的に切替える手段として、指の画面に対する接触状況に応じたモード切替え方法を提案する。タッチスクリーンに対し、スタイラスペンもしくは指先で接触した場合は画面に対する操作とし、指の腹で接触した場合は、スクロール操作とする。このように画面に対する操作物の状況に応じて、モードの切替を自動的に行うことにより、スタイラスペンか指先でタッチスクリーンを下になぞると線が引かれ、指の腹で同様に下なぞると画面が下方方向にスクロールするというモード切替を実現する。

通常我々は紙に対する操作として、線を引く操作はペンを用い、紙を上下左右に動かす操作は手、もしくは指を使って行う。このように目的(モード)に応じて道具を使い分けるというのは自然な行為であり、提案するモード切替え方法はこれをタッチスクリーンに応用したもの

・画面に対する接触面積



・検出される重心点座標の移動距離

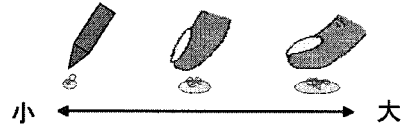


図1 指の接触状況の判別法

である。厳密に紙に対する操作を応用すると、画面に対する操作をスタイラスペン、スクロール操作を指(指先と指の腹の両方)となる。しかし、タッチスクリーンにおいてスタイラスペンを紛失したり、使用するのが面倒な場合、ペンの代わりに指先でボタン操作や線の描画といった操作を行うことが一般的に良く行われているため、ペン操作と、指先での操作を同じ意図を持つ操作として扱う。

3. 指の接触状況の判別方法

スタイラスペン、指先、指の腹の判別は、平面对し接触する面積が、ペン先、指先、指の腹の順に広がるため、この面積が求められれば可能である。しかし、一般的なPDAなどで用いられるOSでタッチスクリーン上の操作で検出できるのは押された画面の点座標、つまり、接触している面の重心点の座標である。そこで、本研究では、検出される重心点座標の移動距離を基に判別を行うことを試みた。スタイラスペンはペン先が固いため、検出される重心点はほぼ変化しないと考えられる。これに対し、指先は弾力をもつため、最初に画面に触れてから、指が押し込まれるにつれ、接触面積が増加し、これに伴い検出される重心点が微小に変化するのではないかと予想した(図1)。指の腹の場合は指先よりも接触面積が広いので、重心点の変

表 1 移動距離平均 (単位: ドット)

	スタイラスペン	指先	指の腹
総移動距離	38.13	52.98	82.67
移動距離(100msec)	40.23	57.15	169.86

表 2 被験者毎の移動距離平均値

被験者	A	B	C	D	E	F
スタイラスペン	7.5	15.9	10.8	3.3	54.3	26.2
指先	13.5	57.5	6.6	5.9	17.5	56.2
指の腹	<u>194.2</u>	<u>98.6</u>	<u>30.8</u>	<u>64.2</u>	<u>158.5</u>	<u>81.8</u>
被験者	G	H	I	J	K	
スタイラスペン	21.7	69.9	11.8	75	<u>123</u>	
指先	4.5	<u>199.2</u>	<u>50.5</u>	<u>135.7</u>	35.7	
指の腹	<u>83.3</u>	35	27.3	25.3	110.4	

化は指先より大きいものになると考えられる。従って、重心点の移動距離がある一定の閾値より大きい場合、指の腹、小さい場合はスタイラスペンもしくは指先で接触していると判別し、モードの切替を行う。

4. 予備実験

4.1 閾値設定のためのデータ計測実験

前章で述べた判別方法の有効性の確認と閾値の設定を目的に、スタイラスペン、指先、指の腹の3種類の接触方法における接触面の重心点を計測する予備実験を行った。被験者は20代の男女大学生9名と30代男性2名の合計11名である。

タッチスクリーンを持つ小型の情報機器として、SHARP社のW-ZERO3[es]を使用した。W-ZERO3[es]は2.8inch VGA(640x480ドット)のタッチスクリーンを持つPHS電話機である。このW-ZERO3上に直径100ドットの円をランダムな位置に表示する実験用アプリケーションを作成し、スタイラスペン、指先、指の腹でそれぞれ10回、計30回円を押す課題を行った(図2)。実験用アプリケーションは、円が押され、MouseDownイ

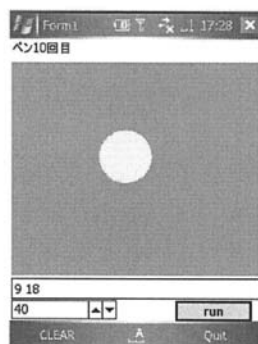


図 2 実験用アプリケーション

ベントが発生してから、指もしくはペンが画面からはなされ、MouseDownイベントが発生するまでのマウス座標を10msec毎に記録を行う。ここで検出されるマウス座標が接触面の重心点となり、重心点の移動距離を接触方法毎に比較することで提案方法の有効性を検証する。

4.2 データ計測実験結果

11名の被験者から、接触方法毎110回、合計330回分のデータを取得した。それぞれの接触方法のマウス座標の総移動距離と、MouseDownイベントが発生してから100msecまでの重心点の移動距離の平均値を表1に、被験者毎の100msecまでの移動距離の平均値を表2に示す。

100msecまでの移動距離を比較するのは、接触方法の判別を指、もしくはペンが画面から離れた時点ではなく、接触した後、短時間で判別するためである。本来ならば何通りかの時間で評価し、最も最適な、判別までに要する時間を明らかにする必要があるが、今回は経験的に、ユーザに対し判別までに待たされる感じを与えない時間として100secを設定した。

表1より、平均値においては、総移動距離、100msecまでの移動距離共に、スタイラスペン、指先より指の腹の方が大きくなっている。このことから、前章で述べた、重心点の移動距離に

表 3 被験者毎の正解率

被験者	A	B	C	D	E	F	全体
正解	24	24	28	21	24	29	150
不正解	4	4	2	7	6	1	24
総数	28	28	30	28	30	30	174
正解率	85.71%	85.71%	93.33%	75.00%	80.00%	96.67%	86.21%

表 4 被験者毎の移動距離平均値

	A	B	C	D	E	F	全体
スタイラス	8.30	12.13	19.00	5.70	5.00	3.80	8.99
指先	73.44	18.70	26.00	10.50	14.80	6.00	24.91
指の腹	62.56	67.40	69.70	43.10	43.90	206.50	82.19

よる判別の可能性が確認できた。しかし表 2 からわかるように、被験者ごとの平均値には大きなばらつきがみられた。被験者 A から被験者 G までは指の腹の移動距離が明らかに他の 2 種類のものより大きくなっており、判別の可能性が見て取れるが、被験者 H から J では指の腹、被験者 K はスタイラスペンの場合が最も大きくなった。これは、指先の形状と指によるタッチの方法に個人差があることと、課題前に操作の練習を行わなかったことが原因であると考えられる。また被験者 K については「ペンで素早く押さなければならなかった」とヒアリングで回答しており、ペンを素早く動かすことにより、画面に触れる時点である程度の初速がついていたため移動距離が大きくなったものと考えられる。

4.3 判別方法の評価実験

予備実験で得られた結果を基に、ペン、指先と、指の腹とを判別する閾値を 100msec までの移動距離 40 として設定した。また、指の腹で接触したと判別した際にユーザに対するフィードバックとして、ビーブ音を鳴らし、どちらのモードであるかがわかるように実験用アプリケーションに改良を加えた。

これを用いて、操作方法を事前に練習をした条件での判別の成功率を評価する実験を行った。

被験者は 20 代男女の大学生 5 名と 30 代男性 1 名の計 6 名である。

被験者には、はじめにタッチスクリーンへの接触状況によるモードの切替について説明し、その後、3 種類の接触方法を最大 30 回練習させた後、予備実験と同様にスタイラスペン、指先、指の腹でそれぞれ 10 回、計 30 回円を押す課題を指示した。

4.4 判別法の実験結果

被験者毎 30 回の計測を行ったが、アプリケーションの動作の不具合により、3 名の被験者において 30 回中 2 回のデータが欠損し、合計 174 回分のデータが得られた。表 3 より、正解率は最小で 75%，最大で 96.67%，全体では 86.21% となった。また、表 4 より、個人毎の移動距離平均値もデータ計測実験より個人差が小さい結果を得た。これらは、モードの切替を音でフィードバックするようにしたことと、この機能を用いて操作の練習を行ったことにより学習効果が現れ結果が向上したものと考えられる。

現状の正解率は実用のためにはさらに向上する必要があるが、今回提案した指の接触状況に応じたモード切替の実現可能性を確認することができた。

5. 応用アプリケーション

指の接触状況に応じたモード切替が実際のタスク、画面への文字や線の書き込みと、スクロールとの切替において有効であるかどうかを確認するアプリケーションとして手書きメモアプリケーションと作業効率測定用の実験アプリケーションを作成した。

手書きメモアプリケーション

作成した手書きメモアプリケーションの画面を図に示す。このアプリケーションは通常の手

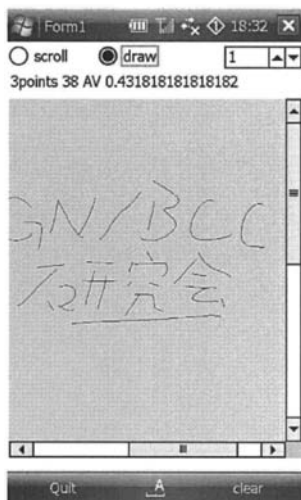


図3 手書きメモアプリケーション

書きメモと同様に、ペンや指先で画面に文字や線を描くことでメモを取ることができるアプリケーションであるが、画面接触時の移動距離が閾値を超えた場合、ピープ音によりスクロールモードに切り替わったことをユーザに提示した後、指の移動方向に画面がスクロールする。このアプリケーションは現在のところ筆者が使用しているだけであるが、通常の利用時では書き込みとスクロールの切替を自然に行うことができている。ただし、素早くメモを取るようにペンや指先で早く書き始めると4.2節のデータ計測実験でもあったように、ペンに初速がつき、画面接触時の移動距離が多くなるため、スクロール操作と判別されることがある。今後はさらに多くの利用者の感想を聞くことと、閾値の個人毎の調整などを検討する。

作業効率測定用実験アプリケーション

提案方法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ための実験用アプリケーションを作成した。これは本研究と同様のモード切替えを目的にしている文鎮メタファ[1]の評価実

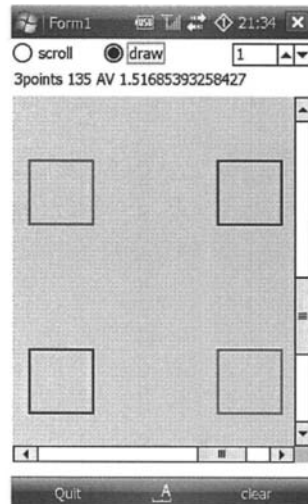


図4 作業効率測定用実験アプリケーション

験を参考にしている。

このアプリケーションでは、図4に示すように、100x100画素の正方形を300画素間隔で8x8個、合計64個並べたものが表示される。正方形を表示した領域全体は表示画面より大きいので、実際に表示されるのは領域の一部である。被験者には、隣接する2個の正方形を、線を描いて結ぶタスクを画面をスクロールさせながら実行してもらい、その所要時間を、本手法と、スクロールバーによるスクロール、十字キーによるスクロールと比較する予定である。

6. 議論

本研究では、紙に対するペンと指という概念をモード切替えに用いているが、文鎮メタファ[1]では、紙を押さえるという概念を用い、PDAの手の平があたる部分にタッチセンサを取り付け、これに触れている場合とそうでない場合とでモードを切り替えている。本研究では通常のPDAに追加デバイス無しで自然なモード切替えが実現できるという利点がある。また、概念としては、「押さえる」と「道具を換える」という二つは両立するものであるため、「押さえなが

ら指で」「押さえながらペンで」「押さえなくて指で」「押さえなくてペンで」という4つのモードを切り替えるという応用も可能であると考えられる。

また、最近iPhone[3]などではマルチタッチインタフェースとして、指でのスクロールや、二本指によるズーム操作を可能とする製品が登場しているが、ペンでの操作には対応しておらず、本研究での方式の様に、手書き操作とスクロールを両立するものではない。

7. おわりに

本研究では、タッチスクリーンに指先もしくはスタイラスペンで接触した場合、画面に対する操作、指の腹で接触した場合スクロール操作に切り替えるモード判別を提案し、実現可能性の評価を行った。今後は、作成した応用アプリケーションを用いた評価を行う予定である。

参考文献

- [1] 椎尾一郎, 辻田 眸, “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”, 情報処理学会論文誌, Vol.48, No. 3, pp. 1 221-1228, Mar. 2007.
- [2] N. Matsushita, Y. Ayatsuka, J. Rekimoto, "Dual Touch: a Two-handed Interface for pen-based PDAs" (TechNote) in UIST 2000, Nov. 2000, pp.211-212
- [3] iPhone: <http://www.apple.com/iphone/>
- [4] Vogel, D. and Baudisch, P. , “Shift: A Technique for Operating Pen-Based Interfaces Using Touch”, In Proceedings of CHI 2007, San Jose, CA, Apr 28-May 18, 2007.
- [5] Miura, M. and Kunifuji, S.: Using Stylus as a Peripheral Input Device, ACM UIST2005 Companion (Demo), pp.45–46 (2005).
- [6] 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).