

手の動きの最小化を図った“レバースクロール”の提案

土田 知章 任 向実

高知工科大学 情報システム工学科 任研究室

現在、多くの携帯情報端末に用いられるペン入力操作は、従来のマウス入力操作を基にしたものがそのまま流用され、“手が疲れやすい”問題が発生する。そこで本研究では、スクロール機能に着目し、手の動きの最小化を図った“レバースクロール”を提案している。これは内円と外円で構成されており、ジョイスティックのような操作感覚でコンテンツをスクロールできる。全方向へのスクロールとスクロールスピードの調整を特徴としている。レバースクロールと伝統的なスクロールバーとの比較実験を行った結果、本機能は全方向のスクロールタスクと手の疲労度において従来のスクロールバーより有効であることを確認した。また、水平方向のスクロールタスクは垂直方向より顕著に手が疲れにくく、使いやすいとの見えが多かった。

The Lever Scroll: A Novel Pen-based Scrolling Technique for Hand Movement Minimization

Tomoaki Tsuchida Xiangshi Ren

Ren Laboratory, Department of Information Systems Engineering,
Kochi University of Technology

We propose a new scrolling technique called the Lever Scroll which enhances scrolling tasks by moving an active circle inside an effective circular region just like operating a joystick. This operation decreases the hand movements required to perform scrolling tasks. We performed an experiment to compare the Lever Scroll with the traditional Scroll Bars in which the subject was asked to scroll a target into a fixed circular area. The evaluation indices were the movement time for each scrolling task and subjective ratings. The experimental results show that the Lever Scroll is faster than the Scroll Bars for 2-dimensional scrolling tasks and helps to decrease fatigue and physical stress in the user's hand and wrist area.

1. はじめに

近年、スタイラスペン（以下ペン）は Tablet PC や PDA(personal digital assistant)に代表される携帯情報端末とともに普及している。ユビキタス情報社会において、従来のマウスやキーボードのように場所を取らないペンは重要な意味を持ち、今後ますます需要が高まることが予測される。また、ペンは子供の時から筆記用具（鉛筆、シャープペン及び筆

など)で使い慣れており、高齢者や障害者も一部を除いて不自由なく操作できる。しかしながら、ペンに用いられているインタフェースはマウスやキーボードなどの非携帯型入力デバイスにおける使用を前提に設計されたものがそのまま流用されている。それらのインタフェースをペンで操作した場合、マウスはポインタの移動が相対距離に対し、ペンは絶対距離になるためマウスより操作範囲が増え、手が疲れやすくなる。また、携帯情報端末はデスクトップ型のパソコンに比べ画面サイズが小さく表示領域が限定される、携帯性を生かしたシステムがないなど様々な課題を残している。よって、ペンに適したインタフェースやシステムの開発が求められている。

ペンに適したインタフェースやシステムの研究として、アイコンの選択を容易にする Zoom Selector [1]や会議を円滑に運ぶ Sketch Point [3]が報告されている。他に、携帯情報端末に最適な文字サイズを求めた研究[2]や最適なペンサイズを求めた研究[4]がされているが、スクロール機能に着目した研究は少ない。その例外として、ウィンドウ上に表示されたダイヤルを回してコンテンツをスクロールする radian scroll [5]が報告されている。しかしながら、全方向にスクロールできる機能は報告されていない。

そこで本研究では、ペンに適したスクロール機能を提案する。情報化社会の現代はデータ量が膨大化し、データをウィンドウに表示しきれないことが多く、ユーザが全てのデータを閲覧できるこの機能を重要だと考える。現在、伝統的なスクロールバーがペンのスクロール機能として用いられているが、下記の 2 点の理由よりスクロールバーは疲労度が高くペンに不適切だと考える。

第一に、ペンでスクロールバーを操作した場合、操作範囲がそのままウィンドウサイズになり、ウィンドウサイズが大きくなればなるほど操作範囲も大きくなるために手の疲労度が高くなる。これはウィンドウサイズを縮小すれば多少は改善されるが、同時にコンテンツの表示領域も縮小され快適に情報を得ることができなくなる。

第二に、スクロールバーは水平、垂直スクロール機能が分かれており、マウスでは付属されているスクロール・ホイールの機能により快適に全方向へスクロールできる。しかしながら、既存のペンでは水平、垂直スクロール機能を交互に使用し全方向へスクロールしなければならず、快適に全方向へスクロールできない。

よって、ペンでスクロールバーを用いた時の疲労度の高さに着目し、手の動きの最小化を図った“レバースクロール”を提案する。本機能は、内円と外円で構成され、ゲーム機の操作レバーやジョイスティックのような感覚で内円を外円上において操作し、コンテンツをスクロールする。本機能は全方向へのスクロールと、スクロールスピードの調整を特徴としている。

2. レバースクロール

我々は本研究で提案したスクロール機能を“レバースクロール”と呼んだ。これまでのスクロール機能にはなかった一動作による全方向へのスクロールとスクロールスピード調

整機能を備えた全く新しいスクロール機能である。また、手の動きも最小化しており、ユーザの操作範囲は最大で外円の縁に収まる。

レバースクロールを図 1 に示す。内円が外円の中央にある初期状態（図 1 の左参照）から内円を外円上で任意の方向へドラッグすること（図 2 の右参照）で、ウィンドウ内に表示されたコンテンツをスクロールさせる。スクロール方向は内円をドラッグした方向になり、あらゆる方向へのスクロールが一動作で行える。スクロールスピードは内円と外円の中心点同士の距離になり、その距離の長短でスクロールスピードの高低が決定される。内円の中心点を外円の縁に達した時がスクロールスピードの最高速になる。マウスを離れた（ドロップ）時、内円は外円の中心（初期状態）に戻り、スクロールも停止する。

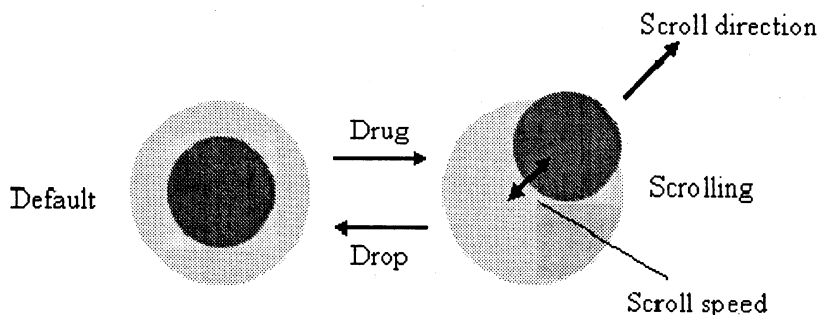


図 1 レバースクロールの操作

3. 評価実験

手の動きの最小化を図った“レバースクロール”の有効性を調査するため、伝統的なスクロールバーと比較実験を行った。実験前の予測結果として、水平、垂直スクロール機能が分かれているスクロールバーより、全方向へのスクロールが一動作で行えるレバースクロールが全方向の操作時間において優れていることが予測される。また、レバースクロールは自由にスクロールスピードを調整可能で自動的にスクロールされるため、疲労度や水平、垂直スクロールの操作時間においてもスクロールバーより有効であると考えた。

3.1 被験者

男性 7 名（21 歳から 28 歳まで、平均 22.6 歳）が実験に参加した。全員視力は正常（矯正含む）で、右利きであった。また、日常的に携帯情報端末を使用している被験者はいなかった。

3.2 装置

富士通製 Tablet PC , FMV-STYLISTIC [6]を実験装置として用いた。本装置の主な仕様を表 1 に示す。ペンは、本体付属スタイラスペンを使用した。また、実験ツールは、Sun Microsystems Java 2 Platform, Standard Edition, バージョン 1.4 で作成した。

表 1 富士通 FMV-STYLISTIC, 本体仕様

OS	Microsoft(R) Windows(R) XP Tablet PC Edition 2005
表示	FL バックライト付 TFT カラーLCD
外形寸法	約 324.4×220×20.9~22.3mm
重量	約 1.55kg

3.3 実験タスク

実験では、スクロールバーとレバースクロールのパフォーマンスと被験者の好みを比較するために垂直、水平及び全方向のスクロールを行う。

始めに被験者は実験の目的と趣旨に関して説明を受け、全方向のスクロールタスクをスクロールバーとレバースクロールで練習した。被験者の実験姿勢は統一するために“Tablet PC を机の上に置き、椅子に座った状態で利き手にペン、他方の手は 1 試行終了時に入力するカーソルボタンに配置する”と指定した。

図 2 に実験タスクを示す。1 試行開始直後 (図 2 の左参照)、ウィンドウ外にあるターゲット(図 2 の d 参照)は方向線(direction line, 図 2 の c 参照)でウィンドウ中央にある目標到達範囲(Objective area, 図 2 の b を参照)とつながっている。被験者は方向線に従い、ターゲットを目標到達範囲にスクロールさせる。ターゲットが目標到達範囲内に到達した時 (図 2 の右参照)、目標到達範囲の色が黒から青に変化し、1 試行の終了条件が満たされたことを被験者に知らせる。被験者は終了条件が満たされたことを確認し、カーソルボタン入力を行い、1 試行終了となる。試行開始からカーソルボタン入力まで時間を実行時間とした。また、ターゲットが目標到達範囲に到達していない時にカーソルボタン入力を行った場合は、エラー音が鳴り、エラー回数としてカウントされる。

1 試行終了後、試行実行回数が規定回数かを判断し、規定回数であった場合は実験終了となり、規定回数を行っていない場合はスクロール開始座標がコンテンツ端にリセットされ新たなターゲットが出現する。

ターゲット条件は、目標到達範囲のサイズ W : 150, 250 pixels, 目標到達範囲とターゲットの中心点同士の距離 D : 500, 1000, 4000, 8000 pixels の計 8 通りの組み合わせを設定した。本実験では、W と D の 1 つの組み合わせに付き 12 回ずつ合計 96 回試行を垂直、水平及び全方向タスクで行う。

垂直、水平及び全方向タスクがスクロールバー、レバースクロールともに終了した時にそれぞれの方向タスクについてのアンケートを記入してもらい、3 つのタスクが終了した時は 2 つのスクロール機能の総合評価について記入してもらった。3 つのタスクには“使いやすさ”と“手の疲れ”, 総合評価には“使いやすさ”と“手の疲れ”に加え“ペンの適合性”の項目についてそれぞれ 7 段階で評価してもらった。

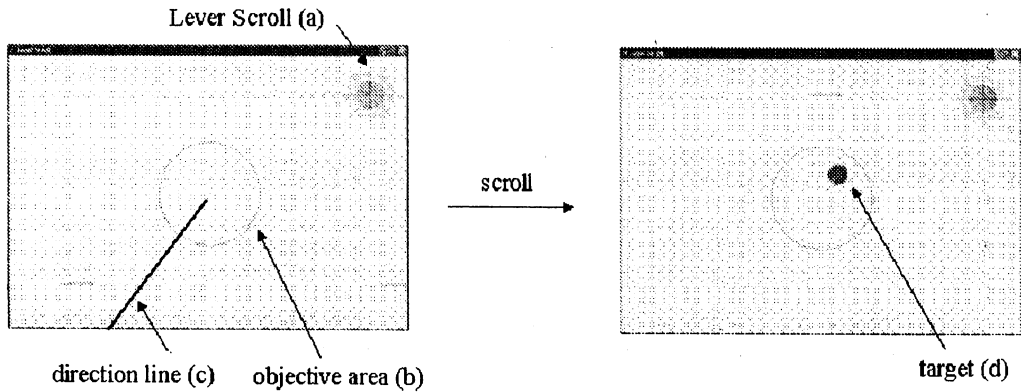


図2 実験タスクの操作

4. 実験結果

垂直、水平及び全方向タスクの平均実行時間を分散分析にかけた結果、垂直 ($F_{1,12} = 9.09, p < 0.05$), 水平 ($F_{1,12} = 9.07, p < 0.05$), 及び全方向 ($F_{1,12} = 12.1, p < 0.05$) のスクロールタスクの実行時間に有意差が見られ、全方向のスクロールタスクでは、レバースcrollはスクロールバーよりも速くスクロールできることが示された (図3参照). しかし、垂直と水平方向のスクロールタスクではスクロールバーがレバースcrollよりも速くスクロールできることが示されていた.

アンケートの各項目の評価値を分散分析にかけた結果、水平方向の手の疲れ ($F_{1,10} = 7.31, p < 0.05$), 全方向の使いやすさ ($F_{1,10} = 13.6, p < 0.05$) と手の疲れ ($F_{1,10} = 5.83, p < 0.05$), 総合評価の手の疲れ ($F_{1,10} = 5.57, p < 0.05$), 総合評価のペンの適合性 ($F_{1,10} = 14.3, p < 0.05$) に有意差が見られ、レバースcrollはスクロールバーより評価値が高いことが示された (図4参照). 他の4項目、垂直方向の使いやすさ、垂直方向の手の疲れ、水平方向の使いやすさ及び総合評価の使いやすさは有意差が見られなかった.

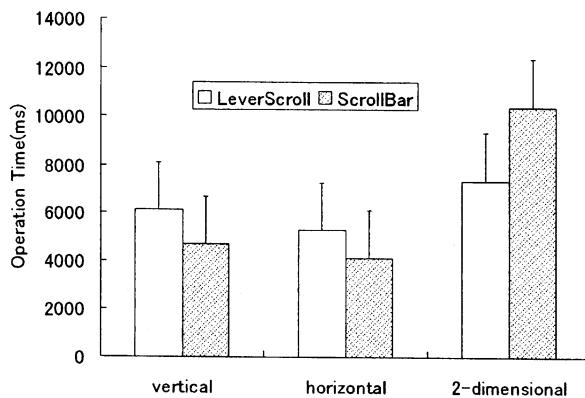


図3 各方向タスクの平均実行時間

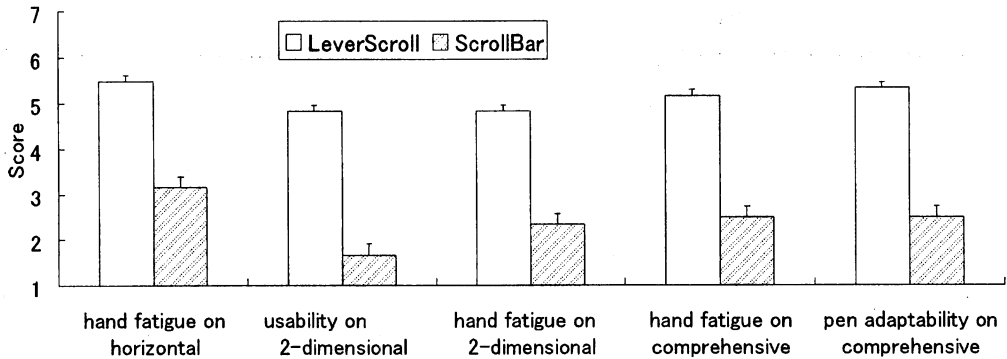


図4 アンケート結果

5. 討論

評価実験の結果、実験前の予測通りレバースクロールは全方向のスクロールタスクと手の疲労度において従来のスクロールバーより有効であることを確認した。また、レバースクロールは全方向のスクロールを一動作で行える点、水平方向のスクロールが容易に行える点、ポインティングが容易な点、以上の三点からレバースクロールはスクロールバーより有効であることを結論付けた。しかしながら、実験前の予測とは違い、垂直、水平方向のスクロールのタスク実行時間はスクロールバーより劣っており、本機能には改善の余地があると考えられる。

5.1 全方向のスクロールを一動作

当初の予測通り、全方向のスクロールではタスクの平均実行時間とアンケート評価ともにレバースクロールが有効であることが分かった。被験者の様子を観察した結果、スクロールバーは垂直、水平方向スクロール機能を一回ずつ使用しただけではターゲットが目標到達範囲内に到達できず、もう一度他方のスクロール機能を使用していた。これに対してレバースクロールはたとえ一度の動作で目標到達範囲内に到達できていなくても、すぐに補正ができていた。

5.2 水平方向のスクロールが容易

レバースクロールでの水平方向スクロールは試行の平均実行時間こそスクロールバーより劣っていたが、アンケートやコメントでは垂直スクロールに比べてより顕著に使いやすいとの意見が多かった。マウスでは、水平方向スクロールにおいて腕全体を使わなくても手首だけの横運動で行えるが、ペンではマウスでの垂直方向スクロールと同様に腕全体を動かさなければならないからである。レバースクロールは横運動も最小化しており、被験者は少ない運動量で快適にコンテンツをスクロールしていた。

5.3 ポインティングが容易

実験の結果、レバースクロールはどのスクロール方向においてもスクロールバーよりポインティングしやすいことが分かった。スクロールバーの垂直、水平方向スクロール機能はそれぞれウィンドウの東、南端に配置されており、被験者が誤ってデスクトップ、タスクバー、及びスクロールバー以外のウィンドウ内をタップする場面が多く見られた。これに対してレバースクロールは完全にウィンドウ内に配置されており、またスクロールバーより操作領域が大きい外円上をタップすればスクロールできるため、被験者が誤って他をタップする場面は見られなかった。

5.4 レバースクロールの拡張

スクロールバーの実験を観察した結果、被験者はスクロールボックスでコンテンツを一定距離スクロールさせ、スライダーで微調整を行っていた。ちなみに、微調整機能を備えたスクロールアローを使用している被験者はいなかった。これはスクロールアローがスクロールバーの上下に設置されており、スライダーより手の移動距離が長くなるためだと考えられた。レバースクロールはスクロールスピードを自由に変化させられるが、スクロールボックスのように一定距離スクロール機能がなく、これが垂直、水平方向のスクロールのタスク実行時間においてスクロールバーより劣っていた原因だと考えられる。また、レバースクロールはポインタの移動に合わせて敏感にコンテンツがスクロールするため、全方向の時のスクロールバーほどではないが微調整に困っている被験者がいた。そこで、レバースクロールにスクロールボックスのような一定距離のスクロール機能とスクロールアローのような微調整スクロール機能を付加していく必要があると考える。

6. 終わりに

本論文では、ペン用に手の動きを最小化した“レバースクロール”を提案した。現在の携帯情報端末用のペン入力操作は、従来のポインタの移動距離が相対的なマウスを基にしたものがそのまま流用され、ポインタの移動距離が絶対的なペンでは“手が疲れやすい”問題が発生するためである。

レバースクロールは内円と外円で構成され、内円をドラッグ&ドロップで操作して画面をスクロールするため、ジョイスティックのような操作感覚でコンテンツをスクロールできる。また、全方向へのスクロールとスクロールスピードの調整という今までのスクロール機能にはない新しい特徴を備えている。

評価実験では、全方向のスクロールにおいてレバースクロールがスクロールバーより有効であることが示されていたが、垂直、水平方向のスクロールのタスク実行時間はスクロールバーより劣っており、本機能は改善の余地があると考ええる。

今後は、水平、垂直方向におけるレバースクロールの機能向上を目指す。実験を観察し

た結果、ペンに適したスクロール機能にはスクロールボックスのような一定距離のスクロール機能が、本機能には水平、垂直方向に微調整できるスクロールアローのようなスクロール機能が必要だと考えるため、本機能にそれらの機能を付加していく。また、今回は椅子に座った状態で Tablet PC を固定して実験を行ったが、立った姿勢や Tablet PC を固定しない状態でのレバースクロールの有効性を調べるために拡張機能と合わせて新しい実験を行う。

参考文献

- [1] Guan, Z., Ren, X., Li, Y., Dai, G. (2004), Zoom Selector: A pen-based interaction technique for small target selection, *Journal of IPSJ*, Vol.45, and No.8, pp.2087-2097.
- [2] Kato, T., Ren, X., Sakai, N., and Machi, Y. (2003), The optimal sizes of input squares for the pen-input characters on PDAs, *Human-Computer Interaction - Theory and Practice*, Vol.2, pp.686-690.
- [3] Li, Y., Landay, J.A., Guan, Zhiwei, Ren, X., and Dai, G. (2003). Sketching informal representations, *Proceedings of ICIM'2003(Fifth International Conference on Multimodal Interfaces, November 5-7, 2003, Vancouver, Canada)*, pp.234-241, ACM.
- [4] Ren, X., Ogasawara, M., and Kato, T. (2004). The effects of pen size on human performance on hand-held devices, *Proceedings of WEC2004 (the World Engineers Convention, Shanghai, China, November 2-6, 2004)*, pp.125-132.
- [5] Smith, G. M., and schraefel, M. C. (2004). Scrolling support for stylus- or touch-based document navigation, *Prof. UIST2004*, pp. 53-56, ACM Press.
- [6] 富士通 : FUJITSU Japan, <http://jp.fujitsu.com/>