

引出しジェスチャを用いた遠隔ポインティング手法の試作

吉川 拓人^{1,a)} 三田 裕策^{1,b)} 栗原 拓郎^{2,c)} 志築 文太郎^{3,d)} 田中 二郎^{3,e)}

概要: 大型マルチタッチテーブルトップを用いる際、手が遠くのオブジェクトに届かない場合がある。そのような場合、ユーザは、そのオブジェクトをタッチできる位置まで移動することを求められる。我々の開発した HandyPointing においては、ユーザは両手によるマルチタッチジェスチャを用いて、遠隔地のポインティングを行うことができる。ユーザは、引出しジェスチャを用いることにより、カーソルの移動を行うのに加えて、その CD 比を動的に変更できる。これにより、大きな CD 比による大まかなポインティングと、小さな CD 比による精密なポインティングを滑らかに行き来できるため、遠くの位置を高速かつ精密にポインティングできる。

Prototyping of A Remote Pointing Technique Used Pull-out Gestures

TAKUTO YOSHIKAWA^{1,a)} YUUSAKU MITA^{1,b)} TAKURO KURIBARA^{2,c)} BUNTAROU SHIZUKI^{3,d)}
JIRO TANAKA^{3,e)}

Abstract: Reaching objects displayed on the opposite of a large multi-touch tabletop with hands is difficult. This forces users to move around the tabletop. To solve this problem, we present a remote pointing technique which we call HandyPointing. This technique uses pull-out, a bimanual multi-touch gesture, to determine a cursor position. The gesture allows users to both translate cursor position and change control-display (C-D) ratio dynamically. Therefore, they can selectively perform rough pointing with a large C-D ratio and precise pointing with a small C-D ratio. Thus, they can precisely point a far position quickly.

1. 序論

大型マルチタッチテーブルトップを用いる際、手が遠くのオブジェクトに届かない場合がある。そのような場合、ユーザは、そのオブジェクトをタッチできる位置まで移動する必要がある。これを解決するため、遠隔オブジェクトのポインティングにはマウスなどの機器による間接入力を用いることができる。しかしながら、テーブルトップにおいてはマウスなどの機器を置く場所が無く、それらを利用できない場合がある。そこで、我々はテーブルトップへのタッチインタラクションのみを用いて遠隔地をポインティ

ングする手法を開発する。

通常、タッチインタラクションにおいてはユーザはその位置から手の届く範囲を超えてターゲットをポインティングすることはできない。この点について、[3] は、テーブルトップにおいてはユーザのタッチインタラクションの 90%以上はその位置から 34cm 以内において行われると報告している。今回、我々が開発した *HandyPointing* においては、図 1 に示すように、ユーザは両手によるマルチタッチジェスチャである引出しジェスチャ [1] を用いて、遠隔地のポインティングを行うことができる。ユーザは、引出しジェスチャを用いることにより、カーソルの移動を行うのに加えて、その CD 比を動的に変更できる。これにより、大きな CD 比による大まかなポインティングと、小さな CD 比による精密なポインティングを滑らかに行き来できるため、遠くの位置を高速かつ精密にポインティングできる。

¹ 筑波大学システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻

² 筑波大学情報学群情報メディア創成学類

³ 筑波大学システム情報系

a) yoshikawa@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

b) mita@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

c) kuribara@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

d) shizuki@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

e) jiro@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

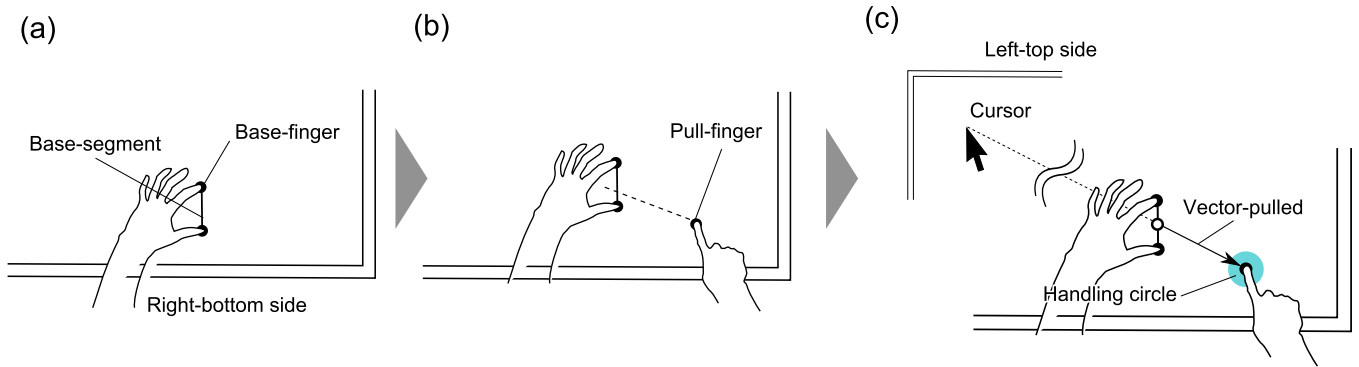


図 1 HandyPointing を用いたポインティング手法
Fig. 1 Pointing procedure using HandyPointing.

2. 関連研究

大画面テーブルトップを対象とした遠隔地ポインティング手法の研究はこれまでにいくつか行われてきた。それらの手法を絶対ポインティングによるもの、および相対ポインティングによるものに分類して述べる。なお、絶対ポインティングとはユーザが指示した位置をカーソル位置とするものである。また相対ポインティングとは入力機器の移動量に応じてカーソル位置を移動させるものである。

絶対ポインティングによるものには、把持したペン先の影を用いて遠隔地をポインティングする手法が挙げられる [4]。また、Pointable [5] は、片手の指により指す動作によってポインティングを行う手法である。この手法にはおいては、ポインティング中にもう片方の手によって CD 比を動的に変更できる。以上の手法では、絶対ポインティングを実現するために、ユーザの手の三次元位置を取得するための機器をテーブルトップに追加する必要があった。一方で、我々の手法はそのような機器を必要とせずに遠隔ポインティングを実現するために、相対ポインティングを用いた。

相対ポインティングによるものには、[6, 7] が挙げられる。これらの研究では、マルチタッチテーブルトップ上において既存のマウスと同様に相対ポインティングを行うことができる視覚的なマウスを開発している。この研究は相対ポインティングを実現しているが、手の接触形状を認識する必要がある。一方で我々の手法は、3 点以上のタッチ点を検出可能なマルチタッチテーブルトップのみを用いて構成可能である。また、I-Grabber [8] は視覚的なウィジットをマルチタッチを用いて操作することによって、遠隔オブジェクトを選択、移動するものである。我々の手法はマルチタッチを用いる点では同様であるが、ポインティング開始から、カーソル位置決定までを一連のジェスチャを用いて行える点が異なる。

次に、両手を用いたポインティング手法について関連研

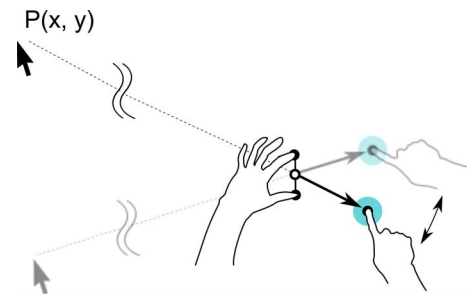


図 2 vector-pulled の調整によるカーソル移動
Fig. 2 Cursor translation according to vector-pulled.

究を述べる。所らは 2 つの加速度センサを使った両手によるポインティングを示した [9]。この研究では、両手の姿勢によるポインティングを実現している。また、Malik らは画像処理を使った両手によるポインティングを実現した [10]。これらの研究と異なり、我々は両手によるタッチベースのジェスチャを用いてポインティングを実現する。Bailey らは両手それぞれのタッチの数とそれらのストロークを用いて、遠く離れたメニューバーのコマンドを実行する手法を開発した [11]。一方、我々の HandyPointing は離散的なコマンド入力ではなく、連続量の入力によるポインティングを行っている。

3. インタラクション設計

3.1 ポインティング操作

本手法においては両手によりカーソル位置の調整を行う。ユーザはまず、図 1a のように非利き手の 2 本の指 (base-fingers) をタッチパネルに接地する。この時、その 2 つの接地点を繋ぐ線分を仮定する。ここに、仮定した線分を base-segment と呼ぶ。次に、図 1b のようにユーザは利き手の 1 本の指 (pull-finger) を、その線分をクロッシングするようにドラッグする。この時、現在のカーソル位置を示すカーソルが表示される。なお、base-segment の重心から pull-finger までのベクトルを vector-pulled と呼ぶ。

カーソルは図 1c に示すように vector-pulled の逆方向の延長線上に置かれる。vector-pulled を変化させることに

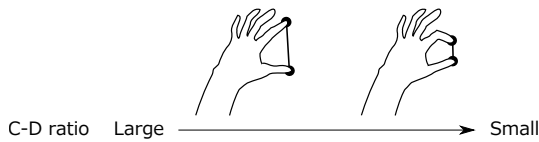


図 3 base-segment の調整による CD 比の変更

Fig. 3 Dynamic C-D ratio according to length of base-segment.

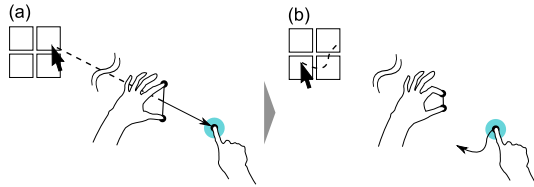


図 4 動的な CD 比によるポインティング例。(a)CD 比を大きくし素早く遠方までカーソル移動 (b)CD 比を小さくして詳細にカーソル移動を行う。

Fig. 4 Usage of dynamic C-D ratio. Users (a) point a far position quickly with large C-D ratio, then (b) precisely point object with small C-D ratio.

よって、図 2 のようにカーソル位置が変化する。その際、その変化に対する CD 比は、base-segment の長さによって決定される。すなわち、本手法では図 3 のように base-fingers を広げて base-segment を大きくすることによって CD 比を大きくできる一方、base-segment を小さくすることによって CD 比を小さくすることができる。

ユーザは利き手によるカーソル移動を行うと同時に、非利き手により CD 比を動的に調整することができる。この両手による操作の利点は、大きな CD 比による大まかなポインティングと、小さな CD 比による精密なポインティングを滑らかに行き来できる点である。例えば、図 4 のように base-segment を広げて CD 比を大きくして素早く遠方までカーソル移動した後、base-segment を狭めて CD 比を小さくして詳細にカーソル移動を行うことが可能になる。なお、base-fingers を表面から離すことにより、ポインティングを終了することができる。

3.2 カーソル位置の決定

前節に述べたカーソル位置 $P(x, y)$ は以下の式によって表される。

$$P_i(x, y) = G_0(x, y) - \sum_j^i k_j \Delta V_j,$$

$$\Delta V_i = V_i - V_{i-1},$$

$$k_i = \alpha \times \frac{|S_i|}{|S_0|}. \quad (1)$$

ここで S_0 、 S_i は図 5 に示すように base-segment の長さであり、 S_0 は base-segment が生成された時の長さを、 S_i は base-segment が生成されてから i フレーム後の長さを示す。base-segment の重心を $G(x, y)$ とし、vector-pulled、

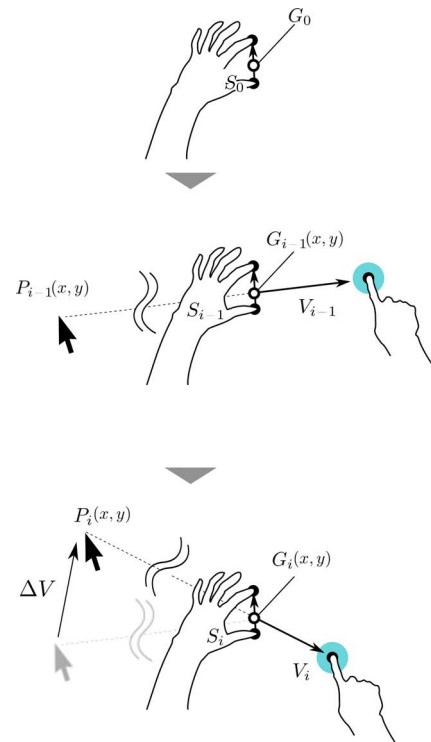


図 5 カーソル位置の決定

Fig. 5 Determination of cursor position.

すなわち、 S_i の $G(x, y)$ から pull-finger までのベクトルを V_i とする。また、 α は定数であり、 k_i は CD 比を表す。

すなわち、base-segment を広げると CD 比を表す k_i が大きくなり、逆もまた同様である。利き手もしくは非利き手を移動させることにより V を変化させると、その変位である ΔV_i がカーソル位置を変化させる。

3.3 遠隔操作

遠隔オブジェクトを選択するための遠隔選択機能を実装した。

引出しジェスチャを行うと図 1c のように、pull-finger の周辺に色のついた円 (handling circle) が表示される。カーソルを両手操作により移動させ、pull-finger を表面から離れた後、handling circle をタップするとカーソル位置にあるオブジェクトを選択できる。

また、handling circle をドラッグすることによって、選択されたオブジェクトをドラッグすることができる。遠隔オブジェクトを選択した後ドラッグ操作を行うことにより、そのオブジェクトを異なる場所に移動することができる。なお、この際も動的な CD 比を用いることができる。これにより、オブジェクトを精密に選択し、且つ素早く移動させることができる。

4. プロトタイプ

パイオニア社の 60 インチプラズマディスプレイ PDP-607CMX*1 と PQLab 社のマルチタッチフレーム Multi-

*1 <http://pioneer.jp/biz/karte/PDP-607CMX.html>

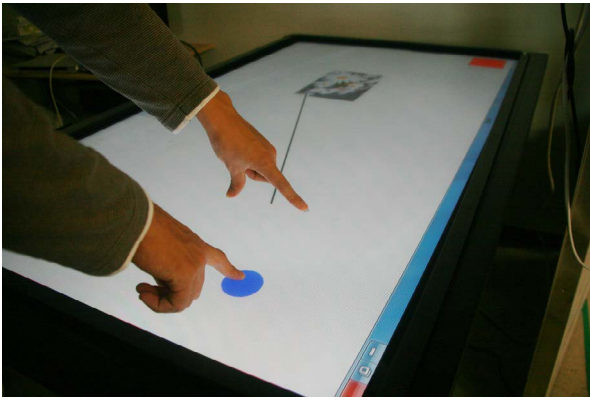


図 6 選択機能を用いている様子

Fig. 6 Use of remote manipulation.

Touch G³*²を用いて大画面マルチタッチテーブルトップを構成した。ディスプレイの解像度は1280×800pxであった。この上に HandyPointing のプロトタイプを C# と WPF を用いて実装した。図 6 にプロトタイプを用いてポインティングを行なっている様子を示す。なお、手元からカーソル位置まで実線による視覚フィードバックを与えた。プロトタイプにおいては handling circle の直径は 5cm とした。これはユーザがターゲットに注視しながら手元でタップを行っても、指が handling circle の中を確実にタップできる大きさである。また、式 1 における定数 α を 3 とした。この値はプロトタイプを使用して実験的に定めた。

試用の結果、遠隔地のターゲットに正しくポインティングを行い、オブジェクトの選択、移動ができることを確認した。また、動的な CD 比は期待していたように動作することを確認した。

5. 議論：方向によるポインティングし易さの違い

本手法においては、ポインティングしやすい方向とそうでない方向がある。例えば、図 1 においては立ち位置から左側はポインティングしやすい一方、右側は左側に比べポインティングしにくい。これは、右側をポインティングする際には腕と手首を曲げる必要があり、腕と手の自然な可動域に反した姿勢を取る必要があるからである。

これを解決するために、カーソルの引出し方を追加することを考えている。プロトタイプでは引出し方向と反対にカーソルが出現したがユーザが base-segment をダブルクリックした場合、引出した方向に向かってカーソルを移動させる。この方法によって、ユーザは遠隔オブジェクトの方向に合わせて、引出し方を変更することができる。そして、手の自然な可動域に合わせて、カーソルの移動方向を決定することができるようになる。

6. 結論と今後の課題

我々は HandyPointing のプロトタイプを実装し、その動

作を確認したユーザは HandyPointing を用いて、手の届かない遠隔地をポインティングすることが可能となる。また、ユーザは利き手によりカーソル位置の移動を行うと同時に、非利き手により CD 比を動的に調整することができる。それゆえ、ユーザは大まかなポインティングと精密なポインティングを滑らかに行き来できる。HandyPointing のプロトタイプを実装し、その動作を確認した。

今後はポインティング性能の評価を行う予定である。また、プロトタイプは遠隔オブジェクトに対して、1本の指によるタップ操作のみ行うことができた。そこで、handling circle へのマルチタッチ操作を可能にすることによって、遠隔オブジェクトに対してもマルチタッチ操作を行えるようにする。本稿では単純なカーソルを用いたがバブルカーソル [12] などを適応することも行いたい。

参考文献

- [1] T. Yoshikawa, B. Shizuki, and J. Tanaka. HandyWidgets: Local widgets pulled-out from hands. In *ITS '12*, to appear.
- [2] C. Forlines, D. Wigdor, C. Shen, and R. Balakrishnan. Direct-touch vs. mouse input for tabletop displays. In *CHI '07*, pages 647–656.
- [3] A. Toney and B. H. Thomas. Applying reach in direct manipulation user interfaces. In *OZCHI '06*, pages 393–396.
- [4] J. Karen Parker, Regan L. Mandryk, and Kori M. Inkpen. Tractorbeam: seamless integration of local and remote pointing for tabletop displays. In *GI '05*, pages 33–40.
- [5] A. Banerjee, J. Burstyn, A. Girouard, and R. Vertegaal. Pointable: an in-air pointing technique to manipulate out-of-reach targets on tabletops. In *ITS '11*, pages 11–20.
- [6] T. Bartindale, C. Harrison, P. Olivier, and S. E. Hudson. Surfacemouse: supplementing multi-touch interaction with a virtual mouse. In *TEI '11*, pages 293–296.
- [7] J. Matejka, T. Grossman, J. Lo, and G. Fitzmaurice. The design and evaluation of multi-finger mouse emulation techniques. In *CHI '09*, pages 1073–1082.
- [8] M. Abednego, J. Ho Lee, W. Moon, and J. H. Park. I-grabber: expanding physical reach in a large-display tabletop environment through the use of a virtual grabber. In *ITS '09*, pages 61–64.
- [9] 所 洋平, 寺田 努, 塚本 昌彦. 2つの加速度センサを用いたポインティング手法. ソフトウェア学会第 16 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2008) 論文集. pp. 95–100.
- [10] S. Malik, A. Ranjan, and R. Balakrishnan. Interacting with large displays from a distance with vision-tracked multi-finger gestural input. In *UIST '05*, pp. 43–52.
- [11] G. Bailly, E. Lecolinet, and Y. Guiard. Finger-count & radial-stroke shortcuts: 2 techniques for augmenting linear menus on multi-touch surfaces. In *CHI '10*, pages 591–594.
- [12] T. Grossman and R. Balakrishnan. The bubble cursor: enhancing target acquisition by dynamic resizing of the cursor's activation area. In *CHI '05*, pages 281–290.

*2 http://multi-touch-screen.com/product_g3.html