

# つまむ動作を用いた大型テーブルトップシステムにおける遠隔ポインティング

栃原 直哉    佐藤 俊樹    小池 英樹\*

**概要.** 近年, マルチタッチ機能付きの大型テーブルトップシステムの普及に伴い, タッチ操作による様々なインタラクション手法が提案されている. しかし, ユーザがこのようなタッチインタラクションを快適に行うことができるのは主に手元の範囲に限られ, 遠隔地に存在するオブジェクト等を操作対象としたい場合はユーザ自身がその場所まで移動する必要がある. そこで本研究では, 指でつまむジェスチャを用いたテーブルトップシステム向けの遠隔地ポインティング手法を提案する. 本システムでは, テーブルトップ上に設置されたカメラのみを用いて指の開閉動作を認識し, 完全にフリーハンドで遠隔地へのポインティングを行うことが可能である. 我々は, ユーザから見て遠方に存在するオブジェクトに対してポインティングを行い, 手元に引き寄せることができるプロトタイプアプリケーションを実装した.

## 1 はじめに

近年普及しつつある大型のテーブルトップシステムでは, マルチタッチジェスチャを用いることで写真などのオブジェクトのズームや回転といった典型的な操作から, メニューを呼び出すジェスチャなど様々なインタラクションを可能としている. しかし, ユーザがタッチ操作を快適に行うことができるのは一般的に手の届く範囲に限られ, 遠方に存在するオブジェクトを操作したい際は, その付近まで自身が移動する必要がある, ディスプレイが大型であるほどその労力は大きいと考えられる.

そこで本研究では, テーブルトップシステムを用いた遠隔地ポインティング手法を提案する. 我々は, 人々が親指と人差し指で物をつまんで移動するといった仕草に着目し, 間宮らが提案している指でつまむジェスチャ [2] を用いることで, 遠隔地の操作対象に対するポインティングと, 指でつまんだ状態で手元に引き寄せるなどの操作を可能とする. また, 手の移動量とディスプレイ上のポインタ移動量の比率である C-D 比を, ディスプレイ上における手の高さによって動的に変更することで, 大型のディスプレイに対しても素速いポインティングを実現する.

## 2 関連研究

テーブルトップシステムにおける遠隔地ポインティング手法として, Parker らはスタイラスペンをを用いた手法を提案した [3]. また, Banerjee らはモーションキャプチャを用い, グローブを装着した手で対象を指し示すことでポインティングを行う手

法を提案した [1]. これらは, 指でタッチ操作を行う際にペンを持ち替えたり, ユーザがデバイスを身につける必要があるなど, テーブル上におけるスムーズなインタラクションの妨げになる要因があると考えられる.

また, 栗原らはタッチスクリーン上における両手を用いたジェスチャ操作によって遠隔操作を行う手法を提案した [4]. これは, 追加のデバイス等を必要とせずマルチタッチスクリーンがあれば実現できるが, ポインティング時に両手が塞がるだけでなく, タッチエリアを占有してしまう可能性がある.

本手法では, 物をつかむといった実世界でも馴染み深い仕草を模倣し, フリーハンドによる手軽な指の開閉動作を用いてポインティングを実現する.

## 3 提案システム

### 3.1 概要

本システムでは, テーブル面の上方にカメラを設置し, テーブル全体を含む画像を撮影する. 撮影された手領域などを含むカメラ画像はリアルタイムに処理され, 手の位置・指の開閉状態・指で囲まれた閉領域の面積情報がポインティング操作に利用される. なお, 手の位置は指で囲まれた閉領域の重心を計算して求めている.

### 3.2 ポインティング操作の方法

遠隔地に存在するオブジェクト (画像) の手元への引き寄せを例にとり, 一連の操作の流れを図 1 に示す. まず, 図 1a に示すようにテーブル上で指をつまむとつまんだ位置に緑色のポインタが表示される. そのまま手をオブジェクト方面に伸ばすとポインタが移動し, 図 1b に示すようにオブジェクトをポインティングする. オブジェクト上にポインタがある状態で指を再度つまむと, ポインタの色が赤色に変化してオブジェクトが選択され自由な移動が可

Copyright is held by the author(s).

\* Naoya Tochihara and Toshiki Sato, 電気通信大学 大学院情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻, Hideki Koike, 東京工業大学 大学院情報理工学研究科 計算工学専攻.

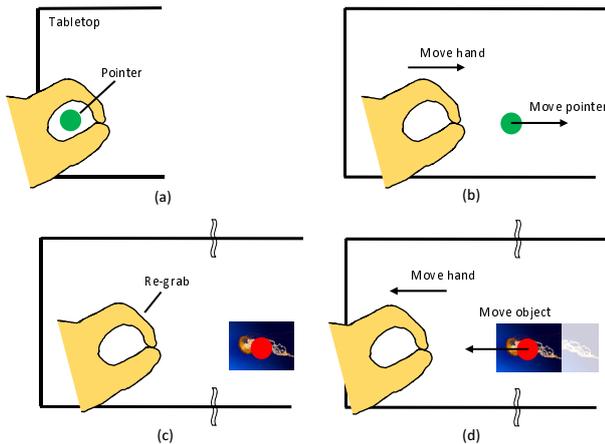


図 1. ポインティング操作の流れ. (a):ポインティングモードの起動, (b):対象オブジェクトのポインティング, (c),(d):オブジェクトの手元への引き寄せ

能となり, 図 1c,d に示すように手元に引き寄せることができる.

### 3.3 ポインタ位置の決定と C-D 比の動的な変更

$i$  フレームにおけるポインタ位置  $P_i$  は式 (1) に示すように, 前フレームのポインタ位置  $P_{i-1}$  に, フレーム間の手の位置の変化に C-D 比  $k_i$  を掛けたものを足し合わせることで求めている. なお, つまんだ瞬間の手の位置を  $H_o$ ,  $i$  フレームにおける閉領域の面積と  $H_o$  における閉領域の面積をそれぞれ  $S_i$ ,  $S_o$  とする.

$$P_i = P_{i-1} + k_i(H_i - H_{i-1})$$

$$k_i = \alpha \times \frac{S_i}{S_o} \quad (1)$$

本手法では, 指でつまむ動作を認識するがこの時, 指で囲まれた閉領域の面積も取得できる. カメラから見た閉領域の面積は, 手の水平方向の移動に対してはほぼ不変であるが, 垂直方向の移動に対しては大きく変化する. これを利用して, つまんだ手を垂直方向に上げるほど, すなわちカメラから見た閉領域の面積の拡大に伴って C-D 比  $k_i$  を大きくし, ポインタの移動速度を上げる. なお,  $\alpha$  は C-D 比調整係数である. すなわち, 手のわずかな移動によって遠方への素早いポインティングを行いたい際は手を垂直方向に上げ, 逆にポインタの詳細な位置決めや, 手元に近い操作を行う際は手を下げてポインタの速度を遅くするというように, ポインティング操作を妨げず手の高さを変えるだけで C-D 比の変更が可能となる. つまんだ状態で手を動かすことでポインタの移動ができ, ポインティング中に指を開いて閉じる動作 (つまむ動作) をすることで対象オブジェクト等の選択操作が行える.



図 2. プロトタイプアプリケーションの動作風景

図 2 に, 遠隔地の写真を手元に引き寄せることができるプロトタイプアプリケーションの動作風景を示す.

## 4 まとめと今後の課題

本研究では, 指でつまむ動作を用いたテーブルトップシステム向けの遠隔地ポインティング手法を提案した. 指でつまんだ閉領域のカメラから見た面積変化を読み取ることで, 深度カメラなどを用いることなく手の高さ情報を C-D 比の動的な変更を利用することができた. また, デバイスの装着を必要とせず指の開閉動作のみでのポインティングを実現した. 今後は, ポインティングジェスチャにより手元に引き寄せた遠隔地の操作対象をタッチで直接操作するといったインタラクション手法を確立し, ポインティング性能の詳細な評価実験や, ユーザフィードバックに基づくシステムの改良を行う.

## 参考文献

- [1] A. Banerjee, J. Burstyn, A. Girouard, and R. Vertegaal. Pointable: An In-Air Pointing Technique to Manipulate Out-of-Reach Targets on Tabletops. In *Proceedings of ITS '11*, pp. 11–20, 2011.
- [2] 問宮 暖子, 佐藤 俊樹, 福地 健太郎, 小池 英樹. 指の開閉動作を用いた多人数向けテーブルトップインタテインメントシステムの実装. WISS2007 予稿集, 2007.
- [3] J. K. Parker, R. L. Mandryk, and K. M. Inkpen. TractorBeam: seamless integration of local and remote pointing for tabletop displays. In *Proceedings of GI '05*, pp. 33–40, 2005.
- [4] 栗原 拓郎, 三田 裕策, 大西 主紗, 吉川 拓人, 志築 文太郎, 田中 二郎. HandyScope: 引き出しジェスチャによる遠隔地操作手法. *コンピュータソフトウェア*, Vol. 31, No. 3, pp. 284–293, 2014.