

K-056

### 3次元手指認識を用いたポインティングデバイスとその応用

A pointing device using 3-dimensional finger recognition and its applications

豊浦 雅貴†  
Masataka Toyoura

江端 真行†  
Masayuki Ebata

小池 英樹†  
Hideki Koike

岡 兼司†  
Kenji Oka

佐藤 洋一 †  
Youichi Sato

#### 1. はじめに

近年、ショーウィンドウや大画面ディスプレイを用いて大きく商品情報などを提示する場面を目にする。しかし、現在は一方的な提示であり対話的ではない。ユーザーの自由なインタラクションを可能とするために、タッチパネルを使用する手法も考えられるが、単点の接触しか認識できず、大型化が難しいといったような問題がある。この問題を解決する新たな入力デバイスとして、赤外線光を利用した Holowall[3]があるが、比較的近距离でしか使用することができず、システムが大規模になり設置が容易ではないといったような問題を抱えている。

そこで、本研究では、3次元手指認識を用いたポインティングデバイスを開発した。システムは、カメラユニット1台を用いた画像処理によって、手や体に特別な物を身につけることなく、手指を3次元でトラッキングする。本システムには、接触・非接触での操作が可能、多点同時入力、ジェスチャの認識、設置が容易、大画面で使用可能といったような特徴がある。これにより、提示された情報との自由なインタラクションが可能となる。また、その応用として、机や壁などにプロジェクタやカメラが埋め込まれた部屋を想定し、表示した情報を自由に操作、閲覧することができるアプリケーションを開発した。

#### 2. システム構成

##### 2.1.ハードウェア構成

本システムでは、スクリーン上部に3Dステレオビジョンカメラ(DIGICLOPS)[1]を設置した(図1)。DIGICLOPSは、IEEE1394で手指認識用の画像処理用計算機に接続されている。DIGICLOPSには3つのCCDカメラが搭載されており、それぞれのカメラで取得された画像をもとに物体までの3次元距離を得ることができる。

##### 2.2.手指認識処理

画像処理用計算機では、カメラから得られた画像をOpenCVを用いて処理する事で手指認識を行っている。

手指認識の処理の流れは、まず、カメラ画像より肌色の領域を抽出し、領域の大きさが一定値よりも大きい物を手の領域とする。次に、見つけた手の領域に対して円形のテンプレートを使用したテンプレートマッチングを行うことにより、指先を検出する。さらに、DIGICLOPSに搭載されている複数のカメラからの画像を使い、ソフトウェア上でステレオ処理が可能なTriclopsAPI[1]を使用して、DIGICLOPSを原点とした手指の3次元座標を算出する。

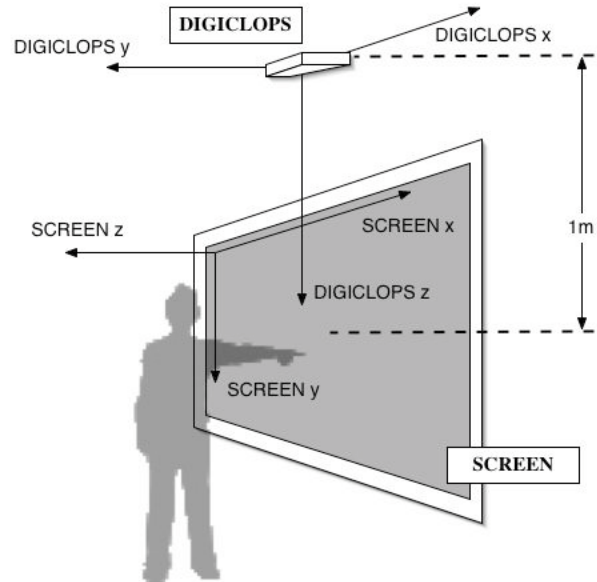


図1 システムの設置と座標系

##### 2.3.座標変換

前項で算出された手指の座標を、DIGICLOPSを原点としたカメラ座標系(Dx,Dy,Dz)からスクリーン座標系(Sx,Sy,Sz)に対応させる(図1)。スクリーン座標への変換を行うためには、スクリーンのDIGICLOPSからの相対座標をシステムに登録する必要がある。登録は、スクリーンの座標を片手でスクリーンの左上と右下を指し示す事で行われる。Dx-Dz平面とSx-Sy平面は平行であると仮定したうえで、この2つの座標を頂点に持つ矩形をDx-Dz平面に投影する。この座標がスクリーンの座標として使用される。このスクリーンの座標は、システムの初回使用時に登録する必要があるが、2回目以降は登録されているスクリーン座標を利用する。

変換後のスクリーン座標系(Sx,Sy,Sz)は、DIGICLOPS座標系のスクリーン左上および右下の座標を(Px0, Py0, Pz0), (Px1, Py1, Pz1)、手指のDIGICLOPSからの座標を(Dx,Dy,Dz)とすると以下のように表すことができる。

$$\begin{bmatrix} S_x \\ S_y \\ S_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ P_{z1} - P_{z0} & & \\ 0 & 0 & \frac{1}{P_{z1} - P_{z0}} \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_x \\ D_y \\ D_z \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{P_{x0}}{2} \\ \frac{P_{x1} - P_{x0}}{2} \\ \frac{P_{y0}}{2} \\ \frac{P_{y1} - P_{y0}}{2} \\ \frac{P_{z1} + P_{z0}}{2} \end{bmatrix}$$

導かれた値をもとに手指のスクリーン上の位置、スクリーンからの距離を得る。これにより、スクリーンへの接触・非接触に関わらず、手指の位置が取得できるようになった。

† 電気通信大学 大学院情報システム学研究所

‡ 東京大学生産技術研究所

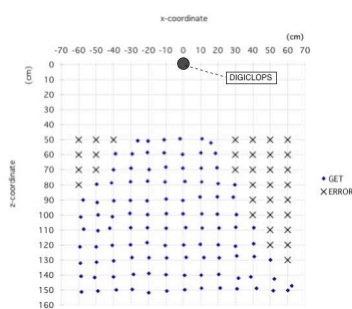


図2 精度評価



図3 操作の様子

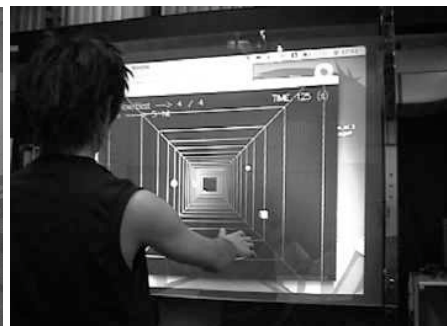


図4 ゲームの様子

## 2.4. 性能評価

現在、Pentium4 3.2GHz のマシンを用いておよそ 12FPS の速度でリアルタイム追跡が可能である。画像処理を行わない場合、DIGICLOPS のフレームレートは 15FPS 程度であり、追跡時の速度もこれに制限されていると考えられる。

図2は、原点をDIGICLOPSとし、垂直方向を50cm～150cm、水平方向を-60cmから60cmまで10cmおきにシステムに認識させた手のひら中心の座標である。このとき、手の平は水平な状態にしたうえで測定を行っている。カメラの視野から外れて測定できなかったポイントや、正常な値を返さなかったポイントは×でプロットしてある。結果、値が取得できたほぼすべてのポイントにおいて、誤差3cm以内に収まっており、大スクリーンを想定している本システムでは十分な精度があるといえる。カメラの解像度が向上すれば、更なる精度の改善も見込める。エラーのプロットが表の右側に多く見られるのは、DIGICLOPSの持つ3つのCCDカメラのうち、主に使用するカメラと、それ以外のカメラとの視野の差から測定できる範囲に差が生じているためである。また、カメラ視野範囲の限界付近のポイント(図2右下付近)では不安定な値が検出されている。

## 3. アプリケーション

### 3.1. アイコン操作

本システムを利用して、簡単なアイコン操作ができる環境を構築した。ユーザーはいくつかのジェスチャを用いてアイコンを自由に閲覧、操作することができる。

#### ● ポインティング

- スクリーンと非接触でのポインティングが可能
- スクリーンへの接触・非接触が識別可能

#### ● 指のジェスチャ

- 指1本  
指さす事でアイコンを選択でき、その状態のまま手を動かす事でアイコンの移動が可能となっている。
- 指5本  
手を広げる事で様々なジェスチャのキャンセルを行う。

#### ● 両手で行うジェスチャ

- アイコンの両端付近をつかみ(手を握る)、引き延ばすことで、拡大・縮小を行う事ができる。

#### ● その他

- 手をかざす事で、アイコンの詳細情報が閲覧できる。

## 3.2. ゲームアプリケーション

本システムを用いて、手を使って画面の中を飛び交うボールを打ち返すゲームアプリケーションを作成した(図4)。操作は左右の手どちらでも行う事ができる。

システムは、手の平の中心座標を追跡しており、画面手前にボールが到達した際、ボール座標とスクリーン上の手の平の座標が十分近かった場合に、ボールは打ち返される。

## 4. システムの特徴および改善点

本システムでは、3次元で手指認識を行っているために、スクリーンに直接接触れるといった操作に加えて、ある程度距離を置いた非接触状態での操作が可能である。さらに、指の本数などを用いてのジェスチャ認識が可能である。また、認識に必要なデバイスがDIGICLOPS 1台だけであるので、システムの設置を容易に行うことができ、大画面スクリーンでも使用可能である。

現在、一人のユーザーを想定してシステムが構築されているため、腕は2本までしか認識する事ができない。また、ユーザーも識別していないため、どの情報が誰の物であるか判断する事ができないといった問題もある。この問題を解決するため、RFIDなどを用いて個人認証を行い、情報の所在を明らかにし、情報と個人を結びつける必要がある。

## 5. まとめ

本稿では、画像処理による3次元の手指認識を用いることで、設置の容易さ、多点同時入力、接触または非接触状態での操作、ジェスチャーの認識などを実現したシステムを提案した。本システムでは、情報の提示、閲覧、操作を可能にした。今後は、RFIDなどを用いてユーザーの識別を行っていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] DIGICLOPS  
<http://www.ptgrey.com/products/digiclops/>
- [2] Kenji Oka et al., "Real-Time Fingertip Tracking and Gesture Recognition", IEEE Computer Graphics and Applications, vol22, Issue6, Nov.2002, pp.64-71
- [3] Nobuyuki Matsushita and Jun Rekimoto, "HoloWall: Designing a Finger, Hand, Body, and Object Sensitive Wall", Proceedings of UIST'97, 1997.