

赤外線測距センサを用いた 座標と角度による感覚的入力手法の提案

若林 航佑[†] 金田 重郎[†]

[†] 同志社大学大学院

1 はじめに

従来のポインティング装置はマウスやタッチパネルなどから座標を入力するだけであった。しかし、実世界において人間はものの移動や選択ですべての問題を解決することは困難である。例えば、ポットを傾けて注ぐ湯量を調節したり、車のハンドルを切る角度を調節することがある。これらの行動の共通点として、何らかの物理量を調整するために角度を用いることが挙げられ、人間の身体性を利用し自然な感覚での機器操作を実現するためには角度指示が重要なものであると考えられる。よって本稿では座標に加え角度を入力できる装置を提案する。

2 提案システム

角度入力を実現する既存の研究として Z-Touch[1] が挙げられる。これは指先の角度まで認識が可能であるが、装置の大きさなどから利用できる場面が限られる。

本稿の提案装置は机などの上に設置し、その上に手をかざし、手の下側からセンサアレイで装置からてのひらまでの距離を測定する。手の傾きは装置からてのひらの親指周辺までの距離と、装置から小指周辺までの距離から推定する。座標の Y 軸はセンサの検知した距離、X 軸はセンサ間隔を考慮して重心を計算することによって推定する。

現在の二次元の表示装置で表現されるものに対応するために、ポインタは従来の矢印ではなく、手幅、角度、座標を表現する線とする。本稿の提案装置ではマルチタッチの様に両手を片手ずつ入力に利用することが可能である。より高精度な角度の入力を必要とする際には両手の親指側をつなげることによって、入力誤差を低減できる。

3 設計

3.1 システムの構成

本研究のシステム構成を図 1 に示す。図のように本システムはユーザ、センシング装置、計算機、表示装

置の 4 つの要素が環状に作用している。ユーザは表示装置に映る、自分の手をかたどった線によるポインタを確認し、手をセンシング領域に入れる。そして計算機で手の傾きと座標を算出し表示装置に出力する。

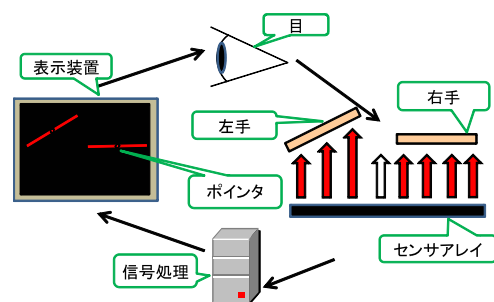


図 1: システムフロー

3.2 提案装置の設計

提案装置は等間隔で測距センサを設置する。装置の設計には入力したい最大傾斜 (MaxRadian)、センサの設置間隔 (Interval)、手の下に必要センサの数 (N)、手幅 (Width) の値を設定する必要がある。これらの関係は式 1 で表現でき、この式により図 2 に示すようにデバイス設計を行うことができる。

$$Interval = \frac{Width}{N} \cos(MaxRadian) \quad (1)$$

4 実装

実装に利用した測距センサ (GP2Y0A21YK0F) は PSD の視野の多くを測距対象物が占めていなければ正しい計測ができない。このことから手の両端の測距では必ずしもうまくはいかない。そこで本研究では角度の決定のためにセンサの数 N を 4 と設定し、測距に成功した両端のセンサの出力を破棄している。またセンサの間隔をデバイスの大きさとしての限界である 18mm、手幅を 100mm と設定、最大入力可能角度は 43.95[deg] とした。

手の傾き推定には最小二乗法を用いる。最小二乗法は式 2 と図 3 で示されるように手の傾きを推定する。

$$\theta = \frac{180}{\pi} \arctan \left(\frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n x_i y_i}{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i - n \sum_{i=1}^n x_i^2} \right) [deg] \quad (2)$$

An Angle-and-Coordinates Input Device using Infrared Distance Sensors

[†] Kosuke Wakabayashi
(kwakabayashi@ishss10.doshisha.ac.jp)

[†] Shigeo Kaneda (skaneda@mail.doshisha.ac.jp)
Graduate School of Engineering, Doshisha University ([†])
1-3 Miyakodani, Tatara, Kyotanabe, Kyoto 610-0321,
Japan

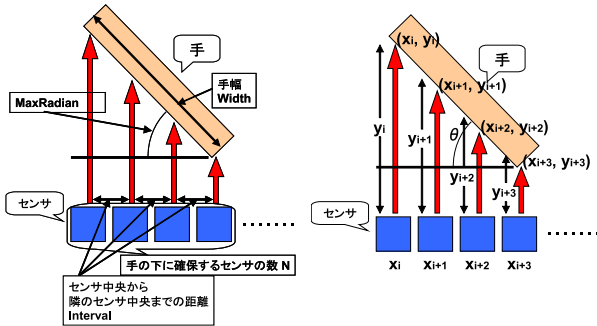


図 2: デバイスの設計

図 3: 最小二乗法による手の傾き推定

表 1: 誤差絶対値の平均と誤差の分散

実験条件	平均 [deg]		分散 [deg ²]	
	PC	TV	PC	TV
片手	5.08	6.74	53.13	81.49
両手	3.13	3.31	19.64	18.34

表 2: 角度入力精度

実験条件	± 5[deg] 以内		± 10[deg] 以内	
	PC[%]	TV[%]	PC[%]	TV[%]
片手	60.94	52.50	86.46	75.63
両手	82.49	78.75	94.35	96.88

5 評価実験

5.1 実験条件

PC の入力装置として液晶の前で利用する場合と、テレビから 3m 離れて 10 フィート UI として利用する場合で角度指示性能の差を比較した。角度指示評価の方法は、ウィンドウの中に無作為な位置に横 300, 縦 300pixel の四角形の領域を表示し、その中に被験者が指示すべき目標角度を傾いた線で提示した。3 秒間この領域の中にポイントがあれば最初の 1 秒を切り捨て、残りの 2 秒の角度の中央値を最終的な結果とした。

表示装置の実験条件として、PC では 19 インチ液晶の中央に横が 1024, 縦が 768 のウィンドウを表示し、TV では 37 インチのプラズマディスプレイの全画面を同じ解像度で使用した。

本研究で実施した PC での角度指示精度評価実験の様子を図 4 に示す。

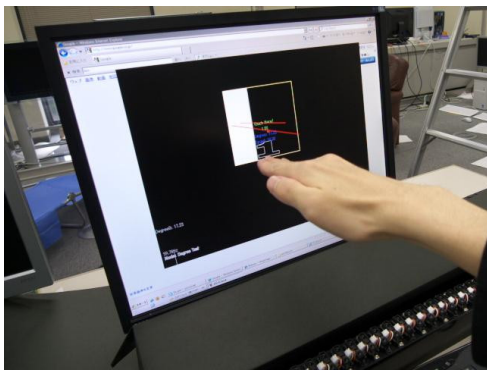


図 4: PC での角度入力精度評価実験の様子

5.2 実験結果

表 1 は角度指示実験の結果である。表の左側に誤差絶対値の平均を、右側に誤差の分散を示している。

表 2 は誤差が 5[deg] または 10[deg] 以内に収まる確率である。片手よりも両手、TV から 3m 離れてよりも PC の液晶前での利用の方が角度指示の精度が高まることがわかる。

表 3 は表 1 の分散に 5% 両側検定で F 検定を行い算出した P 値である。両手で PC と TV 前での利用では $6.62 \times 10^{-1} > 0.05$ となるので統計的に等分散であるといえ、その他については反対に分散の差は有意であるといえる結果になった。

表 3: 分散の F 検定

固定条件	検定条件	P 値
片手	PC-TV	4.72×10^{-3}
両手	PC-TV	6.62×10^{-1}
PC	片手-両手	5.72×10^{-11}
TV	片手-両手	2.26×10^{-19}

6 考察

両手での操作について PC と TV での利用で同じといえる結果になったのは、センサの距離認識の高低差が広がったことと、赤外線反射面積が広がり正しい距離を測定したセンサが結果、認識される入力角度が安定したためだと考えられる。

7 まとめ

本研究では、非接触で利用可能な手の位置と傾きを入力する装置を、赤外線測距センサを用いて実装し入力精度の評価を行った。また、提案装置を利用する際のポイントを従来の矢印ではなく、線を用いることによって角度の入力を視覚的に確認できるようにしている。結果として片手で操作した場合は TV での利用に比べ PC での利用の方が精度が高く、両手で操作した場合は精度が向上しどちらの条件でも同程度の細かさで角度指示が可能であることがわかった。

参考文献

- [1] Yoshiki Takeoka, Takashi Miyaki and Jun Rekimoto, Z-touch: A multi-touch system for detecting spatial gestures near the tabletop, SIGGRAPH 2010 talks.