

平成 30 年度

筑波大学情報学群情報科学類

卒業研究論文

題目

距離センサを用いた膝の動きによるカーソル操作手法

主専攻 情報システム主専攻

著者 市川 佑

指導教員 高橋伸 志築文太郎

要 旨

本研究では、デスクトップ環境下において

目次

第1章	序論	1
1.1	背景	1
1.2	目的・アプローチ	1
1.3	貢献	1
1.4	本論文の構成	1
第2章	関連研究	2
2.1	足をカーソル操作として用いる研究	2
第3章	設計	3
3.1	概要	3
第4章	実装	4
4.1	概要	4
4.2	プロトタイプ1	4
4.2.1	ハードウェア	4
4.2.2	ソフトウェア	4
4.2.3	プロトタイプ1の問題点	5
4.3	プロトタイプ2	6
第5章	実験1:フィッツの法則を用いた足によるポインタ操作の評価	7
第6章	議論	8
第7章	アプリケーション例	9
第8章	実験2:実際のアプリケーションを用いた評価	10
第9章	結論	11
	謝辞	12
	参考文献	13

図 目 次

4.1	プロトタイプその 1	5
-----	----------------------	---

表 目 次

第1章 序論

1.1 背景

パーソナルコンピュータ、スマートフォン、タブレット端末に代表される情報端末が普及し、それらの操作方法是多岐にわたる。一般的に、パーソナルコンピュータはマウスやタッチパッドなどを用い、スマートフォン、タブレット端末においてはタッチパネルを搭載しており、直接触れることで、コンテンツを選択することができる。しかし、これらの操作方法是手を用いることを前提としており、特にパーソナルコンピュータの操作においてはキーボードも同時に用いるため、マウスと同時に操作することはできない。こうした問題を解決するために、手を用いない操作手法が多数提案されている。

視線や音声など、具体的に挙げる

本研究では、通常パーソナルコンピュータの使用には関わらない、足を用いた操作手法に着目する。具体的には、足をマウス操作に用いることで、上記の問題の解決をはかる。

従来研究では足に何かを装着しなければならない点を挙げる

1.2 目的・アプローチ

1.3 貢献

1.4 本論文の構成

第2章 関連研究

2.1 足をカーソル操作として用いる研究

関連研究として、足を入力操作に用いる研究は、古くから行われている。English ら [1] は、テキスト選択においていくつかの膝を含めた装置やデバイスを用いた時の操作時間を調査した。調査の結果、膝による操作は最も短い時間で選択することができたことがわかった。近年でも、調査が行われている。Velloso ら [2] は、座っている状態の机の下の足の動きの特徴を調査した。この論文の中で、机の下に配置したトラッキングシステムから、片方の足のつま先をマウス操作に割り当て、1次元と2次元におけるポインティング作業により、パフォーマンスのテストを行なっている。田中ら [3] は、足の指をマウス操作に用いるために、母指の力制御と運動特性を調査した。Horodniczy ら [4] は、靴底に可変摩擦式の装置を取り付け、足をマウス操作に用いることを実現した。靴底には低摩擦材料と高摩擦材料の2つを取り付け、高摩擦材料の位置を制御することで、かかと部分の摩擦力を調整している。結果、2次元のポインティングタスクでエラー率においてマウスより優れた結果を発表した。Alexander ら [5] は、モバイルデバイスのコマンドに対し、足によるジェスチャをマッピングするためのユーザ導出型の調査を行なった。Felberbaum ら [6] は、立った状態、座った状態、投影された画面の上にいる状態の3条件で、GUIに関する操作、仮想空間に関する操作の2種類に対するジェスチャマッピングを調査した。この調査の中ではまた、ジェスチャと操作の対応が一意的かを表す指標を導入し評価を行なった。鈴木 [7] は、測域センサを用いることで、足の動きをセンシングし、床面におけるインタラクション手法を提案している。奥村 [8] は、靴に加速度と角速度を取得することができるセンサを取り付け、外出時におけるモバイル端末の操作を行うシステムを開発した。

第3章 設計

3.1 概要

第4章 実装

4.1 概要

本プロトタイプは、ハードウェアとして三角法を用いた光学式距離センサ 10 個を一行に並べたセンサアレイと、センサから取得した値の処理と値を元に座標を計算するソフトウェアからなる。

4.2 プロトタイプ 1

4.2.1 ハードウェア

距離センサは SHARP GP2Y0E03¹を使用した。この距離センサは三角測量の原理を用い、対象までの距離を計測する。本センサの値の取得には、Arduino MEGA 2560 を用いる。距離センサとは I²C を用いて接続を行う。個々のセンサは、スレーブアドレスが初期値 (0x40) で統一されているために、アプリケーションノート²に記載されている e-fuse プログラミングの手順で、スレーブアドレスの変更を行なっている。これにより、10 個の距離センサを 2 本の信号線で制御する。接続した距離センサは 1 列に並べる。本プロトタイプでは、長さ約 30cm のプラスチック製の定規を用意し、両面テープでセンサ本体を固定し、配線類をセロハンテープで固定した。装置が長細いため、接続にはブレッドボードの電源とグランド接続に用いられる部分を 2 列使用した。図 4.1 は実際に製作したプロトタイプの 1 つである。図 4.1 ではセンサごとの間隔は約 11mm としている。Arduino では、I²C による制御を行い、値をシリアルモニタに送信することだけを行う。したがって、センサのノイズ等の処理は全てソフトウェアで行う。

4.2.2 ソフトウェア

プログラム言語は Python を用いた。シリアル通信のためのライブラリとして PySerial、ポインタを描画する GUI のためのライブラリとして PyQt を用いた。膝の位置の計算には、スマートウォッチに搭載した距離センサから指の位置をトラッキングした Xiao ら [9] の研究を参考にした。膝の位置の計算は次のように行う。

1. センサからの値を指数平均平滑フィルタを用いて平滑化する。

¹<http://www.sharp.co.jp/products/device/lineup/selection/opto/haca/diagram2.html>

²http://www.sharp.co.jp/products/device/doc/opto/gp2y0e02_03_appl-j.pdf

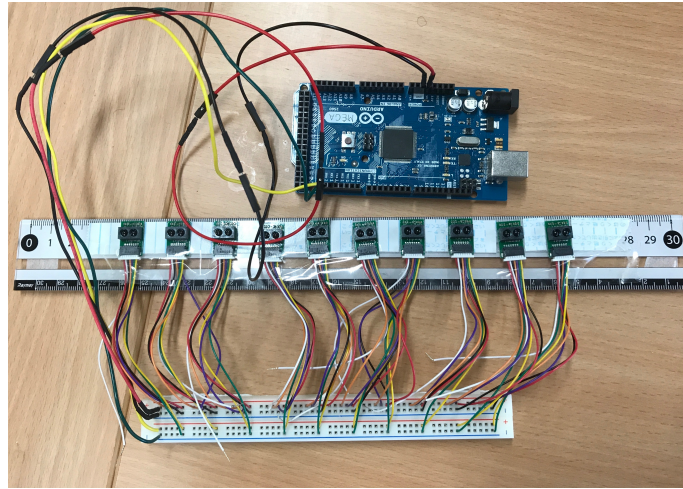


図 4.1: プロトタイプその 1

2. y 軸方向の位置をすべての距離センサの最小値とする。

$$y = \min(sensors_val) \quad (4.1)$$

3. i 番目の距離センサについて、重み w_i を式 4.2 のように計算する。ここで、 d は重み調整の定数である。本プロトタイプでは調整の結果 $d = 2$ としている。

$$w_i = \frac{1}{y_i - y + d} \quad (4.2)$$

4. w_i から、 x 座標を式 4.3 のように計算する。

$$x = \frac{\sum iw_i}{\sum w_i} \quad (4.3)$$

5. (x, y) を指数平均平滑フィルタを用いて平滑化する。

6. (x, y) を実際のディスプレイの画面サイズに合わせてマッピングする。

使用者はあらかじめ上下左右方向にキャリブレーションを行い、膝の可動範囲の限界を記録し、これを元に 6. のマッピングが行われる。

4.2.3 プロトタイプ 1 の問題点

実装を行なったプロトタイプを机の裏に設置し、自由なポインタの操作ができるか試みた。キャリブレーション次第では膝を静止させた時にポインタも静止するが、多くの場合は膝を静止させているにも関わらずポインタは左右に振れるなどした。センサからの値を観察したところ、**膝がかかっていない部分の値**が激しく上下していることがわかった。原因として、以下のようなものが挙げられた。

1. アプリケーションノートに、移動物体に対する正しいセンサの設置方向に関する記述があり、センサの設置方向が正しくない可能性がある。
2. センサのコネクタのピンが細いため、ブレッドボード接続をしたことにより接触不良を起こしている。
3. 床の色が黒く、赤外線を吸収し正しく距離を計測できていない。
4. センサの設置部分が小さく、膝が範囲外に飛び出してしまう

4.3 プロトタイプ2

4.2.3 項であげた問題を解決するために、プロトタイプに改良を行った。1. について、すべてのセンサを 90 度左回転させて設置した。また同時に 4. について、左右方向に膝を傾けた時にどれくらいの範囲を動くかを測定し、必要なセンサのカバー範囲を推定した。測定の結果、におよそ 20～30cm の長さが必要であるとわかった。このことから、センサの間隔を 11mm から 30mm に変更した。

第5章 実験1:フィッツの法則を用いた足によるポインタ操作の評価

第6章 議論

第7章 アプリケーション例

第8章 実験2:実際のアプリケーションを用いた 評価

(ここは時間があったら)

第9章 結論

謝辭

参考文献

- [1] W. K. English, D. C. Engelbart, and M. L. Berman. Display-selection techniques for text manipulation. *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics*, Vol. HFE-8, No. 1, pp. 5–15, March 1967.
- [2] Eduardo Velloso, Jason Alexander, Andreas Bulling, and Hans Gellersen. Interactions Under the Desk: A Characterisation of Foot Movements for Input in a Seated Position. In *15th Human-Computer Interaction (INTERACT)*, Vol. LNCS-9296 of *Human-Computer Interaction – INTERACT 2015*, pp. 384–401, Bamberg, Germany, September 2015.
- [3] 田中則子, 上田知生, 中尾恵, 佐藤哲大, 湊小太郎, 吉田正樹, 瀬瀬和美. 足指マウス開発にむけての基礎的検討: 母指の運動特性. 生体医工学: 日本エム・イー学会誌, Vol. 43, No. 4, pp. 790–794, dec 2005.
- [4] Daniel Horodniczy and Jeremy R. Cooperstock. Free the hands! enhanced target selection via a variable-friction shoe. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '17, pp. 255–259, New York, NY, USA, 2017. ACM.
- [5] Jason Alexander, Teng Han, William Judd, Pourang Irani, and Sriram Subramanian. Putting your best foot forward: Investigating real-world mappings for foot-based gestures. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '12, pp. 1229–1238, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [6] Yasmin Felberbaum and Joel Lanir. Better understanding of foot gestures: An elicitation study. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, pp. 334:1–334:12, New York, NY, USA, 2018. ACM.
- [7] 鈴木茂徳. フットワークインタラクションのための測域センサによる足の位置・動作の認識手法, 2009.
- [8] 奥村典明. モバイル環境における足入力インタフェースの研究, 2011.
- [9] Robert Xiao, Teng Cao, Ning Guo, Jun Zhuo, Yang Zhang, and Chris Harrison. Lumiwatch: On-arm projected graphics and touch input. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '18, pp. 95:1–95:11, New York, NY, USA, 2018. ACM.