

測域センサによる足の位置と動作の認識手法

鈴木 茂徳

高橋 伸

田中 二郎

筑波大学大学院システム情報工学研究科コンピュータサイエンス専攻

1 はじめに

いつでもどこでもコンピュータを利用することができるというユビキタスコンピューティングの概念が一般に普及すると同時に、それを実現するテクノロジーが数多く登場している。これらの状況に伴い、壁や床、テーブルやデスクの甲板、窓など、我々の日常生活に存在する平面をインタラクションに用いる研究が行われるようになってきている。

本研究では、このようなインタラクション平面として床面に着目する。そしてジェスチャの認識にスキャナ式レンジセンサを利用することで、床面上の足の動きによるインタラクション手法を開発する。

2 床面上の足のインタラクション

これまで足を用いた床面とのインタラクションは、床面に投影された情報を踏んで選択する、身体の重心を傾けるなど、固定的で単純なジェスチャを研究したものが多かった。一方で、Pakkanenら [1] によれば、要求される精密さが適切なレベルである作業であれば、足を利用して十分正確にそれを実行できることが示されている。そこで本研究では、床面に対する様々な足の動きを用いたインタラクション手法の実装を目指す。

2.1 システム構成

提案システムの構成を図1に示す。システムはPC、スキャナ式レンジセンサ、プロジェクタにより構成される。スキャナ式レンジセンサには、北陽電機社製 UBG-04LX-F01 を用いている。測距範囲は最大 5600mm、走査時間は 28ms/scan である。また、本研究においては床面上の足の挙動をセンサで取得するため、センシングする平面が床から 8mm 程度になるように設置する。

2.2 足領域の抽出

スキャナ式レンジセンサから検出される距離データは静止物体についてはフレーム間でほとんど値が変わ

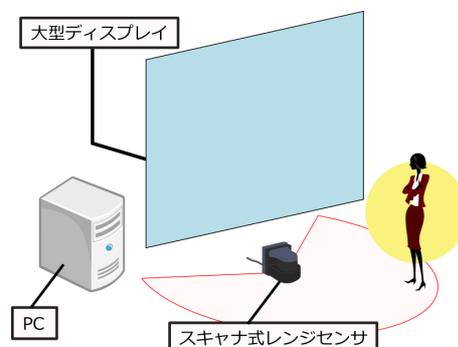


図 1: システム構成

らないため、始めに一定時間スキャンを続けることで背景情報を取得し、これを利用して前景を抽出する。

通常、一つの足に対してはレーザポイントが複数点当たると考えられる。そこで前景のデータ同士でユークリッド距離を求め、これが一定未満であれば同じクラスタとして登録する。この処理をスキャンした点すべてに対して行うことでクラスタリングによりオブジェクトを抽出する。この際、クラスタ内のデータ点が少ない場合にはノイズとして除去しておく。

2.3 足のトラッキング

第2フレーム以降は、クラスタリングしたオブジェクトと前回のフレームにおいて抽出したオブジェクトとの対応を考慮する。今回は高速なスキャン周期を有するスキャナ式レンジセンサを用いたため、多くの場合同一の足オブジェクトが囲む領域には連続するフレームにおいてオーバーラップする領域が存在する。そこで帷子らの手法 [2] をもとに、直前に検出されたオブジェクトが囲む領域と重複する領域にオブジェクトが検出された場合には、これらと同じオブジェクトとみなすことにより、同一の足の移動軌跡データとする。

ここで、物体の一時的な遮蔽や非常に高速な移動が行われた場合、上記のアルゴリズムでは同じオブジェクトの追跡に失敗することがある。そこで、新たに出現したオブジェクトの軌跡が一定時間以内に消失したオブジェクトの軌跡とほぼ同じ向きとみなせる場合、それらと同じオブジェクトとする。

2.4 足の向きの取得

抽出したオブジェクトの分布はその位置、向きによって特徴的な分布となる。したがってこの分布を利用することで足の向きを求めることができる。足の向きは、次のようなアルゴリズムによって求める。

1. Graham 走査のアルゴリズムにより、オブジェクトを構成する点列の凸包を求める
2. 求めた凸包を囲む面積が最小となる矩形を求める
3. 矩形の長さと幅を利用して、オブジェクトの向きを求める

ここで、検出データはセンサに対して足がほぼ垂直に向いている場合を除いて足の側面であることを考慮する。足の長さは側面の長さと同程度一致することから、3.において得られた矩形の長辺を足の向きとして取得する。長辺が側面として十分な長さでない場合には、オブジェクトはセンサ方向を向いているものとし、オブジェクトの重心とセンサ位置を線分で結んだ角度を足の向きとする。

2.5 ジェスチャ機能の実装

本研究で実装するジェスチャは、足によるタップ動作、床面に対するスライド動作、足踏み動作である。これらのジェスチャは2.3節において求めたオブジェクトの軌跡を利用して行う。

タップ動作は、踵をつけたまま足先を床から上下する動作である。この動作により足の裏と床との接地面は足全体 踵のみ 足全体と変化するため、これを利用して動作を検知する。スライド動作は、画面に正対する向きを前として、前後左右の4方向のいずれかに足を一定距離以上滑らせる動作である。この動作は一定以上の速度で足が移動することにより追跡を開始し、その後静止した時点で追跡開始点からの移動方向をスライドの方向をとって検知する。足踏み動作はある地点で足を床から離れた後、揚げた足を同じ地点に着地させる動作である。足が床から離れた地点を記憶しておき、足が再出現した際に座標がほぼ同じであれば足踏みと認識する。

3 関連研究

床面に対する動作の認識に圧力センサを用いている研究として、Lawらによる研究[3]を示す。この研究では、正面、左右、床の4つの面に映像を投影した仮想空間の没入型体感システムを構築している。床面の裏側には圧力センサが搭載されており、ユーザの歩行操

作により仮想空間の風景の切り替えと、地面を踏んだ音のフィードバックを行う。

また、動作の認識にコンピュータビジョンを利用した研究として、IversenらによるWisdom Well[4]を示す。Wisdom Wellは床面に設置されたディスプレイであり、地下に設置されたプロジェクタとカメラから映像の投影とユーザの足のロバストな認識を行っている。

本手法はスキャナ式レンジセンサを用い、様々なジェスチャを認識することに主眼がある点がこれらの研究と異なる。

4 まとめと今後の課題

ユビキタスコンピューティング環境におけるインタラクション平面として床面に着目し、スキャナ式レンジセンサから得られる足の移動軌跡を利用したインタラクション手法の開発を行った。今後は複数人作業時のオクルージョンへの対応など、よりロバストな動作の認識手法を開発する。また本手法をアプリケーションに応用することで実用性の評価を行う。

参考文献

- [1] Toni Pakkanen and Roope Raisamo. Appropriateness of foot interaction for non-accurate spatial tasks. In *CHI '04: CHI '04 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pp. 1123–1126, 2004.
- [2] Kyoichiro Katabira, Tomoyuki Suzuki, Katsuyuki Nakamura, Huijing Zhao, Ryosuke Shibasaki, and Yuri Nakagawa. Tracking pedestrians and visualization of the crowds-flow using multiple single-row laser range scanners. *IPSJ SIG Notes. CVIM*, No. 31, pp. 229–236, 2007.
- [3] Alvin W. Law, Benjamin V. Peck, Yon Visell, Paul G. Kry, and Jeremy R. Cooperstock. A multi-modal floor-space for experiencing material deformation underfoot in virtual reality. In *HAVE 2008: IEEE International Workshop on Haptic Audio Visual Environments and their Applications*, pp. 126–131, 2008.
- [4] Ole Sejer Iversen, Karen Johanne Kortbek, Kaspar Rosengreen Nielsen, and Louise Aagaard. Stepstone: an interactive floor application for hearing impaired children with a cochlear implant. In *IDC '07: Proceedings of the 6th international conference on Interaction design and children*, pp. 117–124, 2007.