

障害物を含むオフィス空間内でのインタラクション対象の推定

Possibility for Detecting Interactions in Office Space with Obstacles

塚本 壮俊*¹
Masatoshi Tsukamoto

角所 考*¹
Koh Kakusho

飯山 将晃*²
Masaaki Iiyama

西口 敏司*³
Satoshi Nishiguchi

*¹ 関西学院大学理工学部
School of Science and Technology, Kawansei Gakuin University

*² 京都大学学術情報メディアセンター
Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University

*³ 大阪工業大学情報科学部
Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology

Since human behavior in daily life includes many interactions with others, various methods to recognize groups of participants during face-to-face interaction have been proposed. For one of those methods, we have proposed to recognize those groups of participants by extracting contours, each of which represents a circular formation of human bodies called *F-formation*, using the *level set method*. We also have proposed to cope with insufficiency for observable information of human body orientation by searching the body formation with maximum circularity for those extracted contours. Although this method assumes open space such as an office space without obstacle for the environment where face-to-face interactions occur, actual office space includes many obstacles, such as desks, partitions and so on. Moreover, interactions could occur not only among humans but also among humans and PCs. In this article, we discuss a possibility to cope with these situations by extending our previous methods.

1. はじめに

人物行動認識に関する従来研究では、位置推定や行動認識等、個人の物理的行動に着目したものが多く、日常での人間の行動の多くは、他者もしくは物体との対面インタラクションを伴う。このため、従来から、オフィス空間などのオープンスペースで偶発する対面インタラクションの参与者グループの認識を目指す研究が行われている。これらの研究では、会話時に見られる“F 陣形”と呼ばれる円形の身体配置や、“個人空間”と呼ばれる身体周辺の空間に対応する距離関係などを手がかりとして利用している。そのうち、筆者らの先行研究[喜住 2013]では、F 陣形を構成する対面インタラクション中の人物らは互いの前方が重なり合い、かつ互いの身体周辺に位置することから、床面上の各位置が人物に対してどれだけ前方にあるか、また個人空間の内部に含まれるかを表すポテンシャル関数を導入し、これを速度場としたレベルセット法による輪郭線を膨張させることで、参与者のグループを抽出している。

しかし、このような処理をカメラによる実観測で実現しようと考えた場合には、円形の身体配置により、どの視点から見ても、いずれかの人物の顔方向が観測できず、身体方向の取得が難しいという問題が生じる。そこで上に続く先行研究[Yasuda 2014]では、顔方向が観測されない人物はカメラに背を向けているものと仮定し、取り得る身体前方方向の範囲内で想定される可能な身体配置の中で、上の手法で抽出した輪郭線形状の円形度が最大となるものを推定結果とする手法を提案している。

上のような研究では、オープンスペースの中でも、障害物が無い空間での人間同士のコミュニケーションを主な対象として想定していた。しかし、実際のオフィス空間には、ミーティングスペースのように多人数で集まることを目的に設計された空間を除く

と、机やパーティションなどの様々な障害物が存在する。そのような空間では、身体配置自体がたとえ F 陣形等の要件を満たしていたとしても、実際にはパーティション等の物体で視線が遮られ、インタラクションが生じ得ない状況もあり得る。また、インタラクションの対象も人だけでなく、パソコン等の物体の場合もあり得る。更に、このような環境で偶発的に起こるインタラクションは比較的少人数によるものが多く、その場合の身体配置は L 字配置や隣接配置等、円形性が明確でないものも多い。近年では身体方向を全く利用せず、身体位置のみの観測情報からインタラクションの有無を推定する方法も提案されているが[Park 2015]、多人数が散在する空間内で 2 名等の少人数間に生じるようなインタラクションを位置のみから推定するのは困難と考えられる。

本研究では、上のような状況において各人物のインタラクション対象を推定する処理の実現を目指す。まず、物体によるインタラクションの障害への対応として、障害物による影響を考慮できるようにポテンシャル関数を修正する。このとき、パソコン等の物体はインタラクションの対象としても考慮し、人と同様のポテンシャル関数を設定する。加えて、輪郭線の形状に基づいてインタラクションへの参与の有無を判断する代わりに、ポテンシャル関数の分布に注目し、それによってインタラクションへの参与の度合いを評価する。

2. インタラクション対象の推定

2.1 ポテンシャル関数の導入

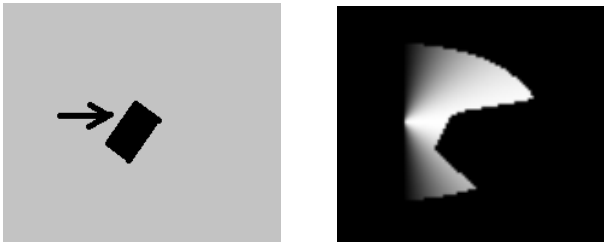
床面上の各位置がいずれかの参与者グループの F 陣形としての条件をどの程度を満たすかをポテンシャル関数によって評価する。すなわち、任意の位置 \mathbf{x} が人物 i の位置 \mathbf{h}_i に対して、どれだけ前方にあるか、および個人空間の内部にあるか、をそれぞれ関数 $f_i(\mathbf{x})$, $s_i(\mathbf{x})$ の値によって表現する。このうち $f_i(\mathbf{x})$ は先行研究で定義したものを修正し、人物方向を表す単位ベクトル \mathbf{g}_i の方向に沿った位置で $\mathbf{1}$ をとり、そこから後方に向かうにつれて値が減少し、真横で $\mathbf{0}$ となる関数として次式で定義する。

$$f_i(\mathbf{x}) = \max\left(\frac{\mathbf{x} - \mathbf{h}_i}{\|\mathbf{x} - \mathbf{h}_i\|}, \mathbf{g}_i, 0\right) \quad (\mathbf{x} \neq \mathbf{h}_i)$$

また $s_i(\mathbf{x})$ も同様に先行研究で定義したものを修正し、個人空間のうち、身体前方の半楕円形内で1、外部で0をとる関数として定義する。ただし、 i として人物以外にパソコン等の物体も含める。ここで、物体とのインタラクションの距離は手の届く範囲に収まることが多いため、個人空間に相当する距離の制約を人間の場合よりも縮小する。これらに加えて新たに、障害物による遮蔽の有無を表す関数 $O_i(\mathbf{x})$ を導入する。 $O_i(\mathbf{x})$ は、人物あるいは物体の位置 \mathbf{h}_i から障害物 \mathbf{O}_p へ向かう直線上のうち、障害物 \mathbf{O}_p の後方で0、それ以外で1、をとる関数として次式で定義する($k > 0$)。

$$O_i(\mathbf{x}) = \begin{cases} 0, & (\mathbf{x} = \mathbf{O}_p + k(\mathbf{O}_p - \mathbf{h}_i)) \\ 1, & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

図 1(a)に示すような人物と障害物の配置に対し、 $f_i(\mathbf{x})$, $s_i(\mathbf{x})$, $O_i(\mathbf{x})$ の積の分布を求めた結果を同図(b)に示す。



(a)人物と障害物の配置例 (b)ポテンシャル値の分布
図 1. ポテンシャル関数

2.2 身体方向の獲得

各人物の位置・方向は RGB-D カメラを用いて観測する。RGB-D カメラの距離画像から得られる人物姿勢推定を用いて頭部と両肩の 3 次元位置を取得し、これを床面上に投影することでそれぞれの 2 次元位置を求める。この両肩の位置から推測される身体前方方向にはあいまいさが含まれるため、両肩を結ぶ線分と直交する方向を中心とした正規分布によって身体前方方向の取り得る可能性を表現する。このときのそれぞれの身体前方方向に対する人物 i, j 間のインタラクションの程度を P_{ij} で表し、これを 2.1 で述べたポテンシャル関数を用いて評価する。すなわち、 i, j の個人空間の重なり部分に注目し、その内部のポテンシャル値の総和を計算する。次式のように位置 \mathbf{x} での 2 者のインタラクションの程度を表す関数 $P_{ij}(\mathbf{x})$ を、前述の $f_i(\mathbf{x})$, $s_i(\mathbf{x})$, $O_i(\mathbf{x})$ を用いて求め、この値を床面上の位置全体で総和したものを P_{ij} とする。

$$P_{ij} = \sum_{\mathbf{x}} P_{ij}(\mathbf{x})$$

$$P_{ij}(\mathbf{x}) = (f_i(\mathbf{x}) + f_j(\mathbf{x}))s_i(\mathbf{x})s_j(\mathbf{x})O_i(\mathbf{x})O_j(\mathbf{x})$$

これに上で述べた身体前方方向の取り得る確率を乗算した値が最大となるような身体方向を探索し、そのときの各人物とポテンシャル分布が重っている人物あるいは物体をインタラクション対象として推定する。

3. 実験結果

図 2 のような実際のオフィス環境を RGB-D カメラを用いて撮影し、2 章の手法を用いてインタラクションの対象を推定した。こ

の場合では、画面左側の人物 A がパソコン E を操作し、画面右側の 2 人の人物 B, C が会話をしている。パソコン D~F の位置・方向は既知として、人物 A~C は両肩の位置から取得できた 2 種類の法線方向のうち、人物・物体の位置の重心方向を向く方向を初期値として、Powell 法を用いて 2.3 で述べたような身体方向の探索を行い、その結果得られた身体方向でのポテンシャル値の分布を算出したところ、図 3 のような分布となった。図 3 では人物・パソコンの方向とそれらから広がったポテンシャルの範囲も併せて示している。このとき、それぞれの人物と実際のインタラクション対象との間のみポテンシャルの重なりが見られ、正しいインタラクション対象が推定できていることがわかる。



図 2. 実験状況

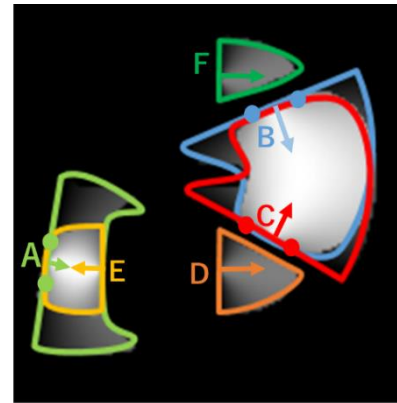


図 3. 推定された方向でのポテンシャル値の分布

4. おわりに

本研究では、障害物を含む空間でのインタラクション対象の推定を試みた。今後は立位と座位による高さの違いも考慮した 3 次元的なインタラクション対象の推定や、動きの共起性や発声による音情報など、人物の位置・方向以外の手がかりを導入することなどによって、より複雑な状況下でのインタラクション対象の推定を行えるようにしていくことを考えている。

参考文献

- [喜住 2013] 喜住祐紀, 他: レベルセット法を用いた F 陣形と個人空間の抽出によるオープンスペース内の偶発的対面インタラクションの参与者グループ認識, 電子情報通信学会論文誌 A, 2013 年.
- [Yasuda 2014] N. Yasuda, et al: Recognizing Conversation Groups in an Open Space by Estimating Placement of Lower Bodies, Proc. 2014 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 2014.
- [Park 2015] H.S. Park, et al: Social Saliency Prediction, Proc. 2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2015.