

識別的モデルによる人群3次元座標からのグループ推定 Grouping People in Crowds by Discriminative Classification of 3D Trajectories

守口 裕介[†] Sushant Gaurav[‡] 浮田 宗伯[†] 萩田 紀博[†]
Yusuke Moriguchi[†] Sushant Gaurav[‡] Norimichi Ukita[†] Norihiro Hagita[†]

Abstract

ショッピングセンターでのサービス提供を考える際に、それぞれの人間が一人であるのか、それとも複数人のグループでショッピング中なのかが分かると、提供すべきサービスの種類をより適切に決める際の基準とすることができる。本研究ではグループ推定を行う手法の精度向上について提案する。先行研究では同一グループに属する対象の軌跡の関係をPositiveサンプルとして与え、軌跡の類似度を用いることでグループ推定を行っていた。しかし、本研究では同一グループに属していない対象の軌跡の関係もNegativeサンプルとして与え、識別的なアプローチによってグループ推定の成功率の向上を目指した。提案手法ではあらゆる移動物体のペアについて、それが同一グループ中のペアか否かについて判定する。パラメータとしては2人の軌跡同士の位置関係 d_x , d_y と速度ベクトルの差 v_x , v_y の4つのパラメータを用い、非線形SVMにより識別を行った。ショッピングセンターの入り口で行った実験では、本研究の提案手法によるグループ推定の成功率が100%となり、正確にグループ推定が行えることが分かった。

1. はじめに

環境知能を用いることで、様々な場所でその場所に応じたサービスの提供が可能となる。その中でもショッピングセンターでのサービスに焦点を当てる。ショッピングセンターには、一人で買い物している人に加え、家族連れなど複数人で買い物をしているグループが存在し、そのグループに応じたサービスの提供が考えられる。また、ショッピングセンター内を移動するのは人だけでなく、ショッピングカートや車椅子、子供用のカートなどといった多種多様な乗り物も存在する。これらの乗り物は人と異なり階段を使えない等の制約が生じるため、それぞれの乗り物に応じたサービスの提供が必要となる。このように、環境中の移動物体が、一緒に行動する同一グループ中の人と人であるのか、または人と車いすやカートなどの乗り物のように組になって移動しているものなのかを判定することは最適なサービスの提供に有用である。本研究ではこれら移動物体の軌跡同士の位置関係と速度ベクトルの関係を判断基準とすることで、グループの推定手法の提案を行う。

以下では、まず関連研究を示し本研究の方向性について述べ、次に本研究で提案するグループ推定の手法について示す。さらに実験手順と実験結果及び考察を示し、最後に今後の展望について述べる。

[†] 奈良先端科学技術大学院大学 Nara Institute Science and Technology

[‡] インド工科大学ラジャスタン校 Indian Institutes of Technology Rajasthan

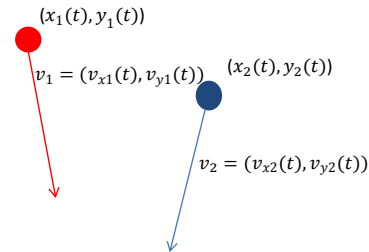


図1. 学習と判定に用いる2対象の位置関係と速度ベクトル

2. 関連研究

本章では本研究のように環境中にカメラやLaser Range Finder(LRF)などのセンサを配置し、移動物体の軌跡を計測する手法について述べられている関連研究を挙げる。

K. O. Arrasら[1]やO. M. Mozosら[2]は、カメラやLRFを用いて人を検出し、それぞれを対象追跡する手法を提案した。本研究ではこれらの研究で述べられているようにLRFを用いた対象追跡を行う。

Yücel, Z.ら[3]は、同一グループに属する対象同士の軌跡の類似度は高くなる点に着目し、カメラの見える人と乗り物の判別と軌跡の類似度を利用したグループ推定を行った。この研究の提案手法では、同一グループに属する軌跡同士の関係をPositiveサンプルとして学習させておき、2つの軌跡のグループ推定とその2つの軌跡は人と人のグループか、または人とどの乗り物のグループなのかということとを判定した。この結果として、グループ推定の成功率が92%となった。しかし、この手法では学習段階においてPositiveサンプルしか与えておらず、また、グループ推定の閾値もマニュアルで与えた数値となっている。これらが原因となってグループ推定の基準があいまいになっている可能性がある。

したがって本研究では先行研究[3]を踏まえ、学習段階で同一グループに属さない軌跡同士の関係もNegativeサンプルとして与え、Support Vector Machine(SVM)[4]を用いてグループ推定を行うことで、その精度向上を目指す。

3. 提案手法

本章では本研究で提案する手法について説明する。

本研究は与えられた2つの軌跡が同一グループに属しているか否かを判定するため、先行研究[3]のようにその軌跡が人か乗り物かといった対象自体の判定は行わない。

本研究の学習段階では事前にグループ分けがされている軌跡データを利用する。本研究では、水平方向の移動軌跡に注目し、物体の位置は2次元座標により表現する。ここで、ある時刻 t における2対象の座標とその時の速度ベクトルを図1に示す。図1に示す2つの軌跡が同一グループに属

t	0	1	2	3	...	T	結果
推定結果	○	○	×	○	...	○	○

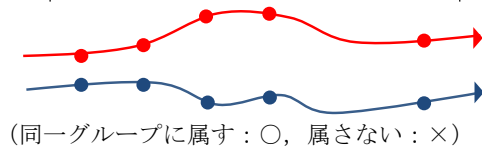


図2. グループ推定の概略図

しているならPositiveサンプルとして、属していないならNegativeサンプルとして、パラメータをSVMに学習させる。学習と判定に使用したパラメータとして、まず以下の(1), (2)式で表される2対象のxy平面上での位置関係と速度ベクトルのxy成分の差の計4つのパラメータを用いた。

$$\begin{cases} d_{x12}(t) = x_1(t) - x_2(t) \\ d_{y12}(t) = y_1(t) - y_2(t) \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} v_{x12}(t) = v_{x1}(t) - v_{x2}(t) \\ v_{y12}(t) = v_{y1}(t) - v_{y2}(t) \end{cases} \quad (2)$$

また、同一グループに属する2つの軌跡が観測される時間は似通っていると考えられるため、2つの軌跡が観測された時刻tの集合をそれぞれ T_1, T_2 とし、以下の(3)式で表させるパラメータを学習と判定に用いた。

$$\frac{|T_1 \cap T_2|}{|T_1 \cup T_2|} \quad (3)$$

これらから求めた計5パラメータを使用しSVMによる学習を行うことで同一グループに属するか否かを判定する閾値平面を決定する。

グループ推定では新たに入ってきた2つの軌跡について各時刻でSVMによる判定を行い、その結果を使い多数決を取ることでグループ推定を行う。図2にグループ推定の概略図を示す。

また、SVMのライブラリとして本研究ではLIBSVM[5]を用いた。

4. 実験

4.1 実験手順

本節では本研究で行った実験の手順を説明する。

図3に実際に行った実験環境を示す。実験はショッピングセンターの入り口付近にて平日15:00~16:00という人通りの多い時間帯に行った。図3中の丸で示した箇所を含め4か所(7.5m×8.5m)にポールを設置し、地面からの高さ52cmと87cmの部分にLRFを取り付け、このエリアの中を通る対象の軌跡を記録しておく。また、各対象と対象のペアが同一グループに含まれているかどうかについて事前知識として与え、その結果を学習用のラベル(グループ内/グループ外)および推定結果の評価用真値データとして与えた。

SVMによる学習には、Positiveサンプルとして同一グループに属する軌跡データを196対、Negativeサンプルとして同一グループに属さない軌跡データを1467対使用し、グループ推定のための閾値平面を求めた。

4.2 実験結果

本節では実験結果とそれについての考察を述べる。

今回の実験では軌跡データ35240対についてグループ推定を行った。提案手法の実験結果として、各時刻における



図3. 実験環境(円内にLRF)

グループ推定の成功率は75.8%、多数決によって最終的に得られる2つの軌跡のグループ推定の成功率は100%となり、提案手法を用いることで正確にグループ推定が行えることが分かった。グループ推定の精度向上には2つの理由が考えられる。1つ目の理由は、先行研究[3]では同じグループに属する軌跡の関係だけをPositiveサンプルとして学習させたのに対し、提案手法では同一グループに属さない軌跡の関係もNegativeサンプルとして学習させたためだと考えられる。2つ目の理由は、グループ推定の閾値としてSVMによって計算された閾値平面を利用したためだと考えられる。以上より提案手法の有効性が示された。

5. まとめ

本研究では軌跡同士の位置関係と速度ベクトルをパラメータとしてPositiveサンプルとNegativeサンプルをSVMに学習させた用いたグループ推定の手法を提案した。その結果、提案手法によるグループ推定の成功率が100%となり、正確にグループ推定が行えることが分かった。今後の展望として、提案手法はグループ推定までを行うシステムであるため、先行研究[3]で行った追跡対象が人なのか乗り物なのかといった判定も行えるようにシステムを改善していく。

謝辞

本研究の実験に用いた軌跡のデータセットは参考文献[3]のものを使用した。

参考文献

- [1] K. O. Arras, O. Mozos, and W. Burgard, "Using boosted features for the detection of people in 2D range data," in *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, (2007).
- [2] O. M. Mozos, R. Kurazume, and T. Hasegawa, "Multi-Part people detection using 2D range data," *Int. Journal of Social Robotics*, vol. 2, no. 1, pp. 31–40, (2010).
- [3] Yücel, Z., Ikeda, T., Miyashita, T., Hagita, N., "Identification of mobile entities based on trajectory and shape information" *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS* (2011)
- [4] Bernhard Schölkopf, Kah Kay Sung, Christopher J. C. Burges, Federico Girosi, Partha Niyogi, Tomaso Poggio, Vladimir Vapnik: Comparing support vector machines with Gaussian kernels to radial basis function classifiers. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 45(11): 2758-2765 (1997)
- [5] C.-C. Chang and C.-J. Lin. "LIBSVM: a library for support vector machines." *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology*, Vol.2, Issue.3, Article No.27 (2011).