

## SPALv: 歩行者の移動速度に基づいた注目度検出手法

SPALv: Measurement of attention based on pace of people walking

三尋木 織†  
Oru Mihirogi焼山 康礼§  
Yasunori Yakiyama岩井 将行†\*  
Masayuki Iwai戸辺 義人†\*  
Yoshito Tobe

## 1. はじめに

近年、レーザスキャナやカメラを用いて、人の行動を計測する研究が盛んに行われている。人の興味を抽出することで、マーケティングの調査やポスターの効率的なレイアウトなどの、様々なサービスに利用することが可能とする。しかし、多くの既存研究[1][2]では行動軌跡の取得しか対象とされてこなかった。我々は、特定の人の“行動軌跡”から対象物への注目度を検出するシステム A Sensor of Physical-World Attention using Laser Scanning (SPAL)を開発してきたが、従来の SPAL では、単一のレーザスキャナを使用していた。本研究では、複数のレーザスキャナを用いて、複数の歩行者に対応して、個別の歩行者の速度を基にして対象物の注目度を検出するように SPALv 開発し、プロトタイプ実験を行った。

## 2. 注目度検出の必要条件

日常空間には壁や柱、机といった様々な物体が存在する。また、多数の人が重なり合って存在するような空間も多く存在する。例えば、ポスターの展示会などでは多くの人が目的とするポスターを見るためにランダムに動いている。そのような空間において正しい注目度を検出するためには、レーザスキャナで取得する空間の死角をなくす必要がある。また、注目度を検出するための要素として対象物からの距離や停止時間などが挙げられるが、歩行者の移動速度を把握することで、より現実の環境に即した注目度を把握することが可能である。

## 3. SPALv

我々は特定の行動軌跡から対象物への注目度を検出するシステムである SPAL を開発した。SPAL は、レーザスキャナを用いて、固定物体と移動物体を分離して認識し、移動物体が歩行者かどうかの判定を行う。その上で、人の対象物への注目度を対象物との距離と停止時間を用いて検出するシステムである。しかし、SPAL では対象物 1 つに対して 1 台のレーザスキャナを設置し注目度の検出を行っているため、死角をなくすことは困難である。

そこで、SPALv では複数台のレーザスキャナを用いることで人の重なりや壁などの死角をなくすことで正確な注目度の検出を可能とする。また、SPAL では距離と停止時間だけで注目度の検出を行っているため、人が流れている環境において、正確な注目度を検出することが困難である。そのため、SPALv では個別の歩行者の速度に基づいて対象物の注目度を検出する。

† 東京電機大学 未来学部 情報メディア学科

‡ 東京電機大学 大学院 工学研究科

§ 東京電機大学 大学院 先端科学技術研究科

\* 科学技術振興機構 CREST

## procedure Human-Detection Algorithm

```

var
CurrentGrid:array[dataNum];//現在確認中のグリッド
StartGrid;//人判定の開始グリッド
GridminX,GridminY;//データ存在グリッドの最小座標
GridmaxX,GridmaxY;//データ存在グリッドの最大座標
object;//Human or other
id // unique id
func
CheckGrid();//隣接グリッドのデータ存在確認
for i:=0 to dataNum-1
  if CurrentGrid[i] != null;
    StartGrid = i;
    for CurrentGrid[StartGrid] != null;
      CurrentGridの最小の座標と最大の座標を
      GridminX, GridminY, GridmaxX, GridmaxYに代入
      StartGrid = CurrentGrid[StartGrid].CheckGrid();
    repeat
  repeat
  if threshold for HumanMinWidth < GridmaxY - GridminY
  && GridmaxY - GridminY < threshold for
  HumanMaxWidth
  if threshold for HumanMinDepth < GridmaxX -
  GridminX && GridmaxX - GridminX < threshold for
  HumanMaxDepth
  then object = human(id);
  else
  then object = other
end procedure

```

図 1. Human-Detection Algorithm

## 4. 提案手法

## 4.1 Human-Detection アルゴリズム

この章では、複数台のレーザスキャナを用いて人判定を行う手法について述べる。図 1 にアルゴリズムの擬似コードを示す。

この手法では、まずレーザスキャナから取得した情報をグリッド単位のデータとして扱う。あるデータの存在するグリッドを起点に隣接するグリッドにデータが存在するかをチェックし、次にデータの存在する隣接するグリッドを起点にチェックを行うという動作を隣接するグリッドにデータが存在しなくなるまで繰り返し行う。そして、データの存在するグリッドの幅と厚みが閾値以内であれば人として判定する。

## 4.2 PPW モデル

PPW(pace of people walking)モデルは歩行者の移動速度を基に注目度を検出するモデルである。PPW モデルは人の移動速度が閾値の速度以下である時に一定の距離の中にいる人が対象物の方向を向いている状態を注目状態と設定し、人の加速度と対象物からの距離に対応する重みを導入して定義する。式 1 において  $DP(x, t)$  は計測期間  $T$  内に SPALv が検出した人の数である。 $w(x, t, i)$  は時刻  $t$

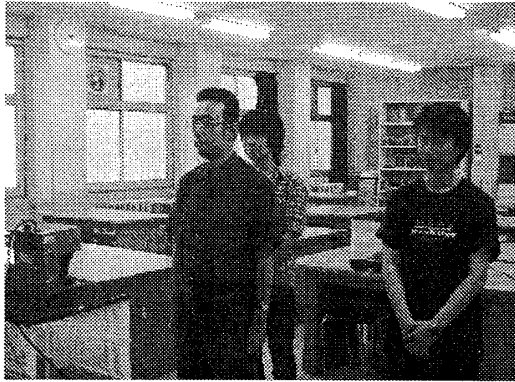


図2. 実験風景

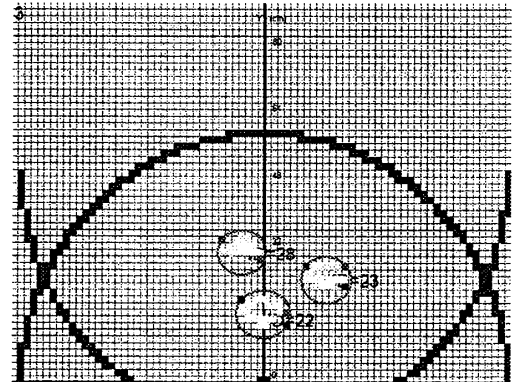


図3. 実験用GUI

$$PPW(x) = \sum_{i=1}^{DP(x,t)} \int_0^T (w(x,t,i) f(x,t,i) r(x,t,i)) dt \quad (1)$$

$$w(x,t,i) = \begin{cases} 1 & d(x,t,i) \leq d_1 \\ (d_0 - d(x,t,i)) / (d_0 - d_1) & d_1 < d(x,t,i) < d_0 \\ 0 & d_0 \leq d(x,t,i) \end{cases} \quad (2)$$

$$f(x,t,i) = \begin{cases} 1 & a(x,t,i) \leq a_1 \\ (a_0 - a(x,t,i)) / (a_0 - a_1) & a_1 < a(x,t,i) < a_0 \\ 0 & a_0 \leq a(x,t,i) \end{cases} \quad (3)$$

$$a(x,t,i) = \frac{v_t - v_{t-\delta t}}{\delta t} \quad (4)$$

の人  $i$  と対象物  $x$  間の距離重み値である。  $d(x,t,i)$  は、時刻  $t$  の人  $i$  と対象物  $x$  間の距離である。  $f(x,t,i)$  は人  $i$  の時刻  $t$  における加速度重み値である。ただし  $a(x,t,i)$  は式 4 によって計算される。  $r(x,t,i)$  は人  $i$  と対象物  $x$  の間の直線と人  $i$  の速度ベクトルの角度  $\theta$  が閾値以内なら 1, そうでなければ 0 の値を取る。

## 5. 実験

### 5.1 実験環境

SPALv は、複数台のレーザスキャナと 1 台の処理ノードで構成される。本実験では 2 台のレーザスキャナを 230cm ほど距離を離して向かい合わせに設置した。これは、片方のレーザスキャナの前に障害物があったとしても死角を減らすことができるようにすることを目的としている。レーザスキャナには、ドイツ SICK 社製の LMS-200 を使用する[3]。LMS-200 は、波長 905nm の近赤外線、安全クラス 1A、計測平面 180°、0.5°刻み、最大計測距離 80m、計測距離精度 1cm、計測周期は 4.7Hz の性能を有する。本研究では、レーザスキャナを、成人の胴体高に相当する、地面から約 120cm の高さに設置した。処理ノードは、Windows Vista と .NET Framework 2.0 が動作するノート PC である。

### 5.2 実験内容と結果

本実験では 2 台のレーザスキャナを用いて、死角が減少しているかの実験と速度計測の実験を行った。

まず、死角の減少の実験では、3 人の人間に重なって立ってもらいその様子を計測した。図 2 は間を 30cm 開けて計測したものである。計測した結果は図 3 のような GUI を作成し、確認を行っている。図 3 の円で囲まれている部分のグリッドは人として判定されたグリッドの集合である。また、円にそれぞれついて数字はそのグリッドの ID を意味している。計測の結果、3 人の距離が

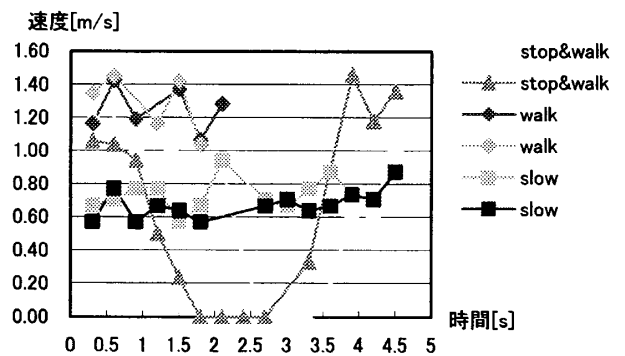


図4. 実験結果

20cm より近くなると人として判定されなくなるという結果がでた。

次に速度計測の実験は通常歩行、ゆっくり歩行、通常歩行から停止し再度通常歩行という 3 パターンの歩行を 1 人の人間に 2 台のレーザスキャナの間を 3m 歩行してもらい、計測した。図 4 はその計測結果である。図から各々の歩行においてははっきりと違いが出ていることがわかる。

## 6. まとめ

我々は、レーザスキャナを用いて人の行動軌跡から対象物への注目度を検出するシステム SPAL を開発した。しかし、注目度を検出する上で死角を減らすことと歩行者の速度を取得することが重要である。そこで、本研究では速度を基に注目度の検出を行う SPALv を開発し、実験を行った。今後は、実際に SPALv を展示会などに設置し、正確な注目度を検出できるか評価を行う。

### 謝辞

本研究は、東京大学空間情報科学研究センター柴崎研究室より御支援を頂いている。

### 参考文献

- [1] Curio, C., Edelbrunner, J., Kalinke, T., Tzomakeas, C., and von Seelen, W.: "Walking pedestrian recognition", IEEE Trans. Intelligent Transportation Systems, vol.1, no.3, pp.155-163, (2000)
- [2] Zhao, H., and Shibasaki, R.: "Pedestrian Tracking using Multiple Laser Range Scanners", Proceedings of Computers on Urban Planning and Urban Management, (2003)
- [3] SICK. Laser measurement systems.  
http://www.sick.com/home/factory/catalogues/auto/lmsindoor/en.html.