

M-050

SPAL: レーザスキャナを用いた実世界注目度計測 SPAL: A Sensor of Physical-world Attention using Laser Scanning

焼山 康礼[†] 三尋木 織[‡] テープウィロージャナポン ニワット^{¶*} 岩井 将行^{¶*} 梅田 和昇^{§*} 戸辺 義人^{¶*}
Yasunori Yakiyama[†] Oru Mihirogi[‡] Niwat Thepvilojanapong^{¶*} Masayuki Iwai^{¶*}
Kazunori Umeda^{§*} Yoshito Tobe^{¶*}

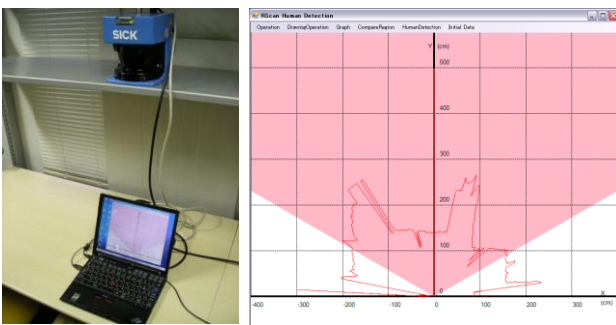
1. はじめに

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が[1,2,3], 行動軌跡のみの計算に特化しているものが殆どである。行動軌跡からの人の注目を抽出することは、博物館や展示会において、展示物の配置の決定に有益であると考えられる。カメラを用いた人の行動計測は、プライバシーの問題から、不可能な状況が存在する。本研究では、人の滞留を注目行為と捉え、レーザスキャナを用いて、人判別、人移動/滞留判定を行い、対象物の注目度を算出するシステム SPAL と、注目度算出のための3種類の計測モデル(CPS, DWCP, CGPS)を提案する。評価実験として、教室内にポスターを展示し、本システムで注目度を計測すると共に、考案したモデルの精度の評価を行った。実験から、人間の注目度の計測に、人と展示物の距離を用いると、5%以下の誤差で算出できることが認識できた。

2. SPAL

2.1 システム構成

図 1-a に、SPAL の構成を示す。SPAL は、1 台のレーザスキャナと 1 台の処理ノードから構成される。レーザスキャナには、ドイツ SICK 社製の LMS-200 を使用する[4]。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 140cm 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。処理ノードでは、レーザスキャナで取得したデータから人検知を行い、注目度を計算する。我々は、一連の処理を行い、結果をリアルタイムに表示する GUI アプリケーションを開発した(図 1-b)。



a. システム構成 b. 開発したアプリケーション

図1 SPAL システム

[†] 東京電機大学大学院 先端科学技術研究科

[‡] 東京電機大学大学院 工学研究科

[¶] 東京電機大学 未来科学部 情報メディア学科

[§] 中央大学 理工学部 精密機械工学科

* 科学技術振興機構 CREST

2.2 処理の流れ

処理ノードでは、(1)人検知[5], (2)人滞留判定[5], (3) VPS(Value of People Staying) の計数を行う。(4)算出した VPS を基に、DRWA(Degree of Real-World Attention) を求める。次章で、VPS と DRWA の定義を述べる。

3. 定義

3.1 注目指標

SPAL は、人の滞留状態から注目度を計算する。本研究では、展示物近傍で滞留する人を計数した値として VPS を定義する。 N を比較する展示物の数とする。DRWA を、展示物 x の全展示物に対する注目度と定義する(式 1)。

$$DRWA(x) = VPS(x) / \sum_{i=0}^N VPS(x_i) \quad (1)$$

3.2 計測モデル

3.2.1 CPS モデル

CPS(Counting states of People Staying)モデルでは、一定位置において閾値時間以上滞留する人の状態を、展示物に対する注目状態と設定する(図 2)。時刻 t における展示物 x に対する滞留者の数を、 $CPS(x,t)$ とする。

$$CPS(x,t) = \sum_{i=1}^{DP(x,t)} f(x,t,i) \quad (2)$$

式 2 において、 $DP(x,t)$ は時刻 t で SPAL が検知した人の数、 $f(x,t,i)$ は時刻 t で人 i の滞留状態を判定する関数である。 $f(x,t,i)$ は、滞留期間が閾値より長ければ 1、そうでなければ 0 の値を取る。展示物 x の VPS は、計測期間 T 内の $CPS(x,t)$ の和、すなわち $\sum_{t=0}^T CPS(x,t)$ である。

3.3 DWCP, S モデル

CPSモデルでは滞留者を1として計数するが、実環境では、人と展示物の距離が、注目度に作用すると考えられる。そこで、VPS算出時に、人と展示物の距離に対応する重みパラメータを用いるDWCP, S (Distance based Weighted Counting states of People Staying)モデルを定義する(図2)。

$$DWCP, S(x,t) = \sum_{i=1}^{DP(x,t)} w(x,t,i) f(x,t,i) \quad (3)$$

$$w(x,t,i) = \begin{cases} 1 & d(x,t,i) \leq d_1 \\ \frac{d_0 - d(x,t,i)}{d_0 - d_1} & d_1 < d(x,t,i) < d_0 \\ 0 & d_0 \leq d(x,t,i) \end{cases} \quad (4)$$

$w(x,t,i)$ は、時刻 t の人 i と展示物 x 間の距離重み値である。 $d(x,t,i)$ は、時刻 t の人 i と展示物 x 間の距離である。展示物 x の VPS は、 $\sum_{t=0}^T DWCP, S(x,t)$ である。

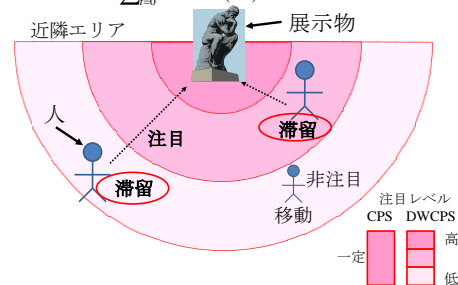


図2 CPS, DWCP, S モデル

3.4 CGPS モデル

本研究では、計測領域を複数の格子に分割したCGPS (Counting Grids existed states of People Staying)モデルを定義する(図3)。G(x,y)を2次元平面の状態、x,yを格子の座標とする。初期化時に、全格子は非マーク格子となり、値は0に設定される。人が非マーク格子内に移動し、閾値時間以上滞留すると、その格子はマーク格子になり、値が1に変更される。一旦格子がマークされると、その状態は計測終了まで変更されない。VPSは、時刻t=Tにおいてマークされた格子の数、すなわち $\sum_{x=0}^{X-1} \sum_{y=0}^{Y-1} G(x,y)$ である。

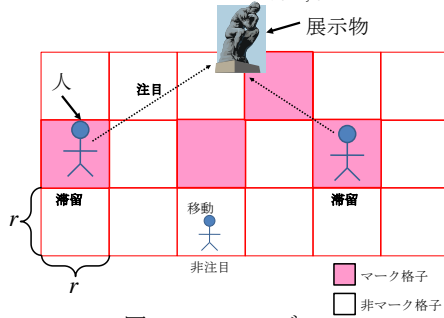


図3 CGPS モデル

4. 実験・評価

4.1 実験概要

本研究では、展示物として3種類のポスターを用い実験を行った。展示物をレーザスキャナの正面200cmの位置に設置し、計測角度30°~150°、計測領域をレーザスキャナから半径300cm以内とした。6人の被験者はポスターを自由に鑑賞し、5段階で興味度を評価しアンケートに記入した。10分間の実験中、観測データをログとして保存し、実験終了後、ログデータを解析し、アンケートから求めた実注目度と、計測モデルから求めた注目度を比較した。実注目度を算出するために、各展示物において、アンケートから抽出された評価値(1~5)の和を取った。実DRWAは、展示物毎の累積評価値の、3展示物の累積値の総和に対する割合である。SPALで算出されるDRWAは、計測モデルを基に計算される。DWCPsモデルで、 $d_0 = 200\text{cm}$, $d_1 = 0, 50, 100, 150, 200\text{cm}$ に設定した。また、CGPSモデルで、 $r = 10, 20, 30, 50, 80, 100, 150, 200\text{cm}$ に設定した。

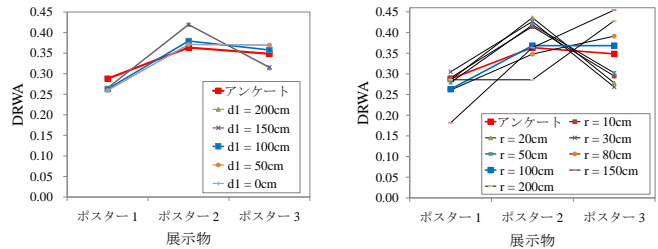
4.2 評価

第一評価として、アンケート結果とDWCPsモデルの結果の比較を行った(図4-a)。 $d_1=0, 50, 100\text{cm}$ のとき、アンケートの結果に類似し、エラー率は10%未満である。対して、 $d_1 = 150, 200\text{cm}$ のとき、エラー率15%以下となり、前者程良くない。実験結果から、モデルの精度は、 d_1 が増加し計測範囲(200cm)の半値を超える悪くなる。すなわち、展示物から遠くに滞在する人の距離重み値が、実環境よりも高すぎるのが分かる。本結果から、人の注目度の計測に、人と展示物の距離を用いるのが良いと言える(式3)。

第二評価として、アンケート結果とCGPSモデルの結果を比較した(図4-b)。 $r=100\text{cm}$ のとき、アンケート結果に最も良く類似し、エラー率は10%未満となる。 $r \leq 80\text{cm}$ のとき、エラー率は23%以下である。 $r=150\text{cm}$ のとき、精度は低下し、エラー率が37%に増加する。格子サイズが増加すると、移動中の人間も滞留状態であると判定するのが原因である。以上から、CGPSモデルは、格子サイズが100cmのとき、人間の注目度を計測するのに、高い精度を持つことが分かる。

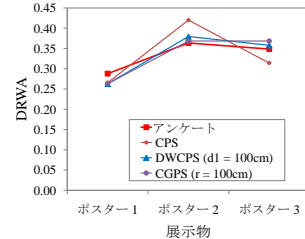
第三評価として、3種類の計測モデル(CPSモデル、DWCPsモデル($d_1=100\text{cm}$), CGPSモデル($r=100\text{cm}$))の結果とアンケート結果を比較した(図4-c)。エラー率で比較すると、CPSモデルは、DWCPs, CGPSモデルよりも高く、最悪15%(ポスター2)である。人間が展示物に注目するとき、異なる視点から見ると位置を変更することがある。CPSモデルでは、そのような人間の注目を正確に捉えることができない。DWCPsとCGPSモデルの平均エラー率は、概ね同じ(5%)である。両モデルのパラメータ(d_1, r)は、人の注目度に作用する。

前述の評価から、本研究では、両パラメータの値を複数設定し、実験し、上記の議論から、適切な値を求めた。



a. DWCPs モデル

b. CGPS モデル



c. 全モデル

図4 実験結果

5. おわりに

本論文では、提案したSPALを用いて実世界における人間の注目傾向を研究した。本システムは、提案した3計測モデル(CPS, DWCPs, CGPS)を基に人間の注目度を計算する。我々は、システムの実装を行い、実験評価した。実験結果より、人間の注目度の計測に、人と展示物の距離を用いると、5%以下の誤差で算出できることが分かった。また、SPALシステムは、個人を識別しないため、個人のプライバシー問題が発生しない。今後、SPALシステムに改良を加え、注目度計測精度の向上を進めていく。

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] Nakamura, K. et al. : "Visualizing passenger flow in railway station using laser scanners.", In *International Conference on Computers in Urban Management and Urban Planning*, (2005).
- [2] Zhao, H. et al. : "A laser scanner system for acquiring walking trajectory data and its possible applications to behavioral science.", In *Studies in Human and Social Sciences with GIS: Chapter 3*, Taylor & Francis/CRC Press, Nov. (2005).
- [3] Zhao, H. and Shibasaki, R. : "Pedestrian tracking using multiple laser range scanners.", In *International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, (2003).
- [4] SICK. Laser measurement systems, <http://www.sick.com/home/factory/catalogues/auto/lmsindoor/en.html>
- [5] 三尋木 織, 焼山 康礼, 戸辺 義人 : "実空間における人流計測による注目度検出の提案", 情報処理学会第70回全国大会, Vol.2, pp.373-374 (2008).