

単眼全天球カメラを用いた人の混雑分布の可視化

村岡 叶夢 窪田 諭 安室 喜弘

関西大学大学院 理工学研究科 環境都市工学専攻

1. はじめに

コロナ禍では、消費者が密になるリスクを避け、観光地や商業施設を訪れる人が減少し、GDPが下落するなど経済が大打撃を受けた。一方で、マスク着用などの感染対策が個人レベルで普及したことは他の感染症にも効果があったと考えられる。小売環境の観点からも、店舗内の混雑は顧客間の空間的な干渉を生じ、購買行動を守る努力を強いるような影響を消費者心理に及ぼす。アフターコロナとも呼ばれる今後の社会生活においても密になるリスクを低減することと経済活動の継続との両立が重要であるため、人の集まりやすい環境での混雑度合いを、訪れる前に確認出来ることの需要が高まっている。

本研究では、施設管理者や現地に赴く前の消費者が、施設内の人の混雑度合いを空間的に把握できる手法を提案し、日時により変化する混雑度合いに対応できるように情報の更新が可能な実装方法を示す。

2. 関連研究・技術

消費者が事前に現地の混雑状況を知る身近な手段として、人感センサ等を使って混雑状況を色分けして可視化する既存技術があるが、抽象的で商業施設内各所の様子や人としての分布を確認できず、混み具合をイメージし難いという難点がある。また、一般に、施設内のモニタカメラで人を検知する技術は多数あるが、広域においては、複数のカメラの視野範囲を個々に確認・比較するの必要があり、既設のモニタカメラの運用では一覧性や網羅性に限界がある。広視野の映像から被写体の物体認識とその位置推定を実現する技術としては、全天球カメラを使用した研究例がある[1]。全天球画像では高緯度領域で歪みが生じることから、機械学習により認識された物体の画像領域の中心に対して、全天球カメラとの位置関係を上から俯瞰した座標系

Visualizing the distribution of the degree of human congestion with an Omnidirectional Camera
Tomu Muraoka, Satoshi Kubota and Yoshihiro Yasumuro
Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

でとらえ、平面上で特定している。

3. 提案手法

本研究では、比較的大きな商業施設内等の不特定多数の人が去来する場所で、全天球カメラを使って人の分布を把握する方法を提案する。提案手法の処理手順を図1に示す。まず、対象現場を移動しながら全天球カメラで撮影した動画に天頂補正を行う。動画フレームから得られた画像群に対し、SfM(Structure from Motion)による現場の3次元再構成を行い、カメラの3次元座標を算出する。人物検出・追跡処理により、画像間で追跡された同じ物体に対して同一のIDを割り振った人物の全天球画像内においての足元画素座標(a, b)を取得する(図2(左))。図2(右)のように、カメラの鉛直下方向と人の足元を通る視線方向とがなす角度を θ_1 、カメラ座標のZ軸を基準とした人の足元の方位角を θ_2 とする。正距円筒図法での画像高さ方向はカメラ座標のY軸に対応することから、 $\theta_1 = \pi a/h$ 、 $\theta_2 = 2\pi b/w$ と算出できる。次に、上から俯瞰したX-Z座標では、

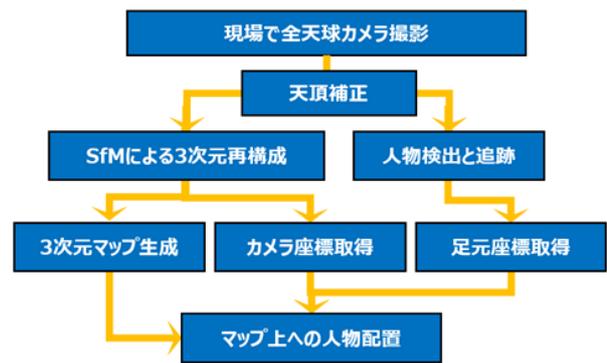


図1: 提案手法による処理手順

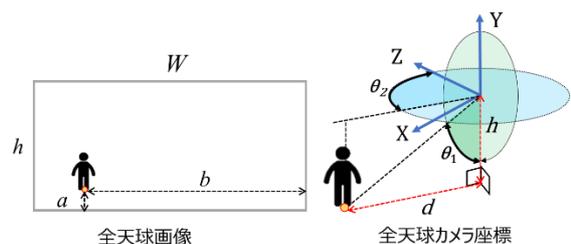


図2: カメラと人物の位置関係(右)

原点から人までの距離を d 、地面からカメラ中心までの高さを h とすると次式で求められる。

$$d = h \tan \theta_1 \quad (1)$$

$$X = d \sin \theta_2 \quad (2)$$

$$Z = d \cos \theta_2 \quad (3)$$

また、SfM で得た 3 次元モデルの床面上では、図 3 のように各カメラ座標系での Y 軸回りの回転と X-Z 座標での並進移動をさせて、同一の座標系 X_w-Z_w に各撮影地点で検出された人の位置を統合できる。回転行列を $R(\varphi)$ 、カメラの位置座標を (t_x, t_z) とすると次式のようになる。

$$\begin{bmatrix} X_w \\ Z_w \end{bmatrix} = R(\varphi) \begin{bmatrix} X \\ Z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} t_x \\ t_z \end{bmatrix} \quad (4)$$

位置計算処理を行い、人物の位置を特定し、最初に観測された位置のみに人物のマッピングを行う。このように巡回して人物の位置を 3 次元マップに表示し、ユーザに提供することで事前に混雑状況を可視化する。

4. 実験

本研究では、関西大学構内で多くの人が混み合うコンビニエンスストア前を対象とした。全天球カメラには Theta X(RICHO 社)、SfM には Metashape Professional(Agisoft 社)、人物検出には YOLOX、追跡には motpy を使用した。また、SfM により、3 次元再構成したモデルと特定した人の位置とを統合して表示するために、フリーソフト CloudCompare を使用した。

24 秒間の撮影で実際に現場にいた人物の合計は 54 人であり、本手法により、マップ上では 62 人の位置が確認された(図 4(右))。マップされた人物の位置は、概ね元の画像と正しく対応づいていることが分かった。図 4(左)に示すのは 25 枚の画像撮影位置であり、今回の巡回者の歩行経路となっている。混み合う状況では、人が重なり合うことによるオクルージョンが懸念されたが、図 5 が示すように全身が見えていなくても YOLOX が人物検出を可能であることと、巡回者が移動しながら撮影することにより、ある画像ではカメラからは死角となっている人物が別の画像では観測され、マッピングされるケースが多くあることを確認した。以上のように現場を巡回することで 3 次元モデル上に来訪者の離合集散する分布を示すことができた。商業施設前での実際の混み具合や混んでいない場所に定性的に人物を可視化することができ、来訪者等が人の存

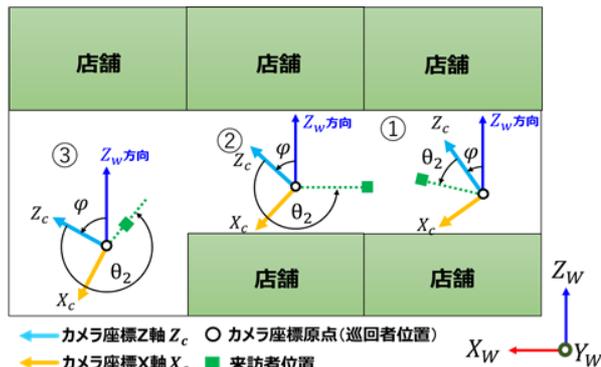


図 3: SfM モデルと各カメラの座標系の関係

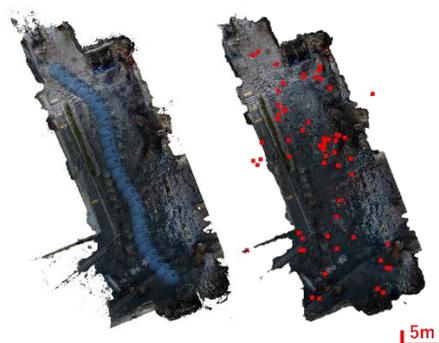


図 4: カメラ位置(左)、人物配置(右)



図 5: YOLOX における人物検出

在分布の傾向を知るのには有効性があることを示した。

5. おわりに

本研究では、360° の視野をもつ全天球カメラで現場を移動しながら撮影しただけで、特定した人物の位置を現地の 3 次元マップに表示させる手法を提案し、実験によりその有用性を示した。今後は、処理をリアルタイムに行う方法を検討するとともに様々な場所で本手法を適用し、システムの実用性の向上を図る予定である。

参考文献

- [1] 増田 純也, 横山 昌平, 全天球カメラを用いた机上物体に対する位置推定, 第 12 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM2020), C6-3, 2020.