

単眼全天球カメラを用いた人の位置情報のマッピング

村岡 叶夢 安室 喜弘

関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科

1. はじめに

近年, COVID-19 の感染拡大により, 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 が下落することで経済が大打撃を受けた[1]. 一方, 小売環境としての商業施設内の顧客密度は消費者心理に影響を及ぼし, 入店意欲に影響を与えることも考えられる. 例えば, 混雑した店舗内では, 消費者の満足度の低下や, 買い物にかかる滞在時間が短くなる傾向が見出されてきた. そのため, 混雑度の低い日時に消費者を分散させ, 行動を制限しないことにより, 密になるリスクの低減と消費活動の両立が重要視され, 人の混雑度合を知る需要が高まっている. 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, 特定した人の位置を現地の3次元マップに表示させる仕組みを開発し, 消費者が現地に赴く前に混雑状況を把握できる情報を提供する.

2. 関連研究・技術

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[2]は, 抽象的で見える人が混雑状況をイメージし難いという難点があった. 画像に映った被写体の物体認識と, その位置を推定する目的で全天球カメラを使用した研究例がある[3]. 撮影した画像は高緯度領域で歪みが生じるため, 具体的な数値で画像の位置を推定することが難しいことから, 全天球カメラと被写体との位置関係を上から俯瞰した座標としてとらえ, 深層学習により認識された物体の画像領域のカメラに対する位置を机上で特定している.

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



図1: 提案手法による処理手順

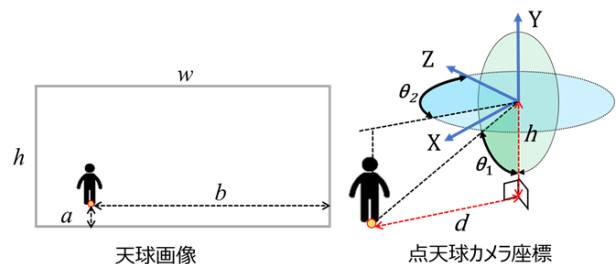


図2: カメラと人物の位置関係(右)

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次元再構成により, カメラの3次元座標を算出する. 人物検出処理により, 全天球画像での人の足元の画素値を取得する. 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. 図2(左)の人の足元の座標(a, b)とすると, 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, 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.

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

このように特定した人の位置を 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

4.1 実験環境と使用機材

本研究では, 屋内で人通りが多い場として, 関西大学構内の学舎を対象として実験を行った. 全天球カメラには Theta Z1 (RICOH 社), SfM には Metashape Professional (Agisoft 社), 人検出には人の姿勢推定モデルを表示する OpenPose 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.

4.2 人の位置情報の統合と表示

全天球カメラを頭上に固定し, 現場を 6 分 13 秒の動画を撮影した. 撮影した動画を 1 秒ごとに書き出した 254 枚を SfM による 3 次元再構成を行い, 各画像の撮影位置における 3 次元座標を取得した. また, 画像から人物検出を行い, 右足のかかとの画素値を抽出した. そして, 図 4 の画像の撮影位置と検出された人を式 (1) ~ (4) により位置座標を算出し, 3 次元モデルに表示した (図 5(左)). 次に, 254 枚の画像の内, 14 枚に検出された人の位置を表示させた. 人を各画像の撮影位置ごとに色分けしたマップを図 5(右)に示す. 目視で確認したところ, フロアに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. ただし, 14 秒間の撮影で実際に現場にいた人の合計は 22 人であったがマップ上では 86 人の位置が確認された. この原因としては, 画像間に写る同一人物の情報の統合が未対応であることが挙げられる.

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, 実験を行った. 結果, 各画像で検出された人の位置を特定し, 3 次元マップに表

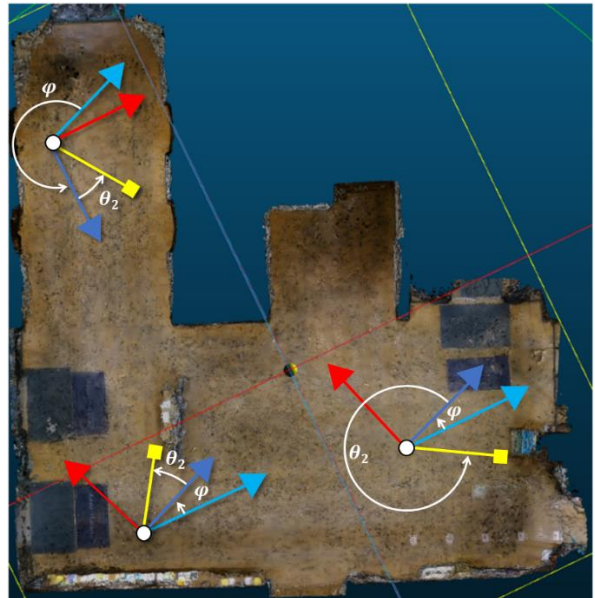


図 3: SfM モデルと各カメラの座標系の位置関係: カメラ座標系の Z 軸は青, X 軸は赤, 世界座標系の Z 軸は水色, 人の位置は黄で示す.



図 4: 全天球カメラ画像に対する OpenPose の出力



図 5: 図 4 の単体のカメラ位置と検出された人の位置 (左), 各画像から検出した人の位置 (右)

示することができた. 今後は画像ごとに写る同一人物を追跡して統合する処理を検討し, 正しい人数をマップに表示させる予定である.

参考文献

- [1] 内閣府, 実質 GDP 成長率:
<https://www.cao.go.jp/statistics/>
- [2] Yahoo! JAPAN 地図, 混雑レーダー,
<https://map.yahoo.co.jp/congestion>
- [3] 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.