

単眼全天球カメラの配信映像を利用した 人の混雑情報のマッピング

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

COVID-19 終息とともに、それまで減少していたインフルエンザ等の感染症が再流行したことから、重症化リスクの高い高齢者や基礎疾患がある人への感染対策の継続が重要視されている。一方、小売環境における顧客密度が大きい空間では、顧客間の空間的な干渉や競合などにより、消費者は購買行動を制限され、購買に関する満足度が低下することが確認されている。したがって、アフターコロナでも、ソーシャルディスタンスを確保する仕組みが必要不可欠である。

本研究では、大型施設等への来訪者が自発的に混雑を避けて行動計画に利用できるように、混雑の分布や変化が判りやすく、一覧性の高い混雑情報の収集・可視化手法を提案する。

2. 関連研究・技術

現地の混雑状況を知る身近な手段として、施設内のモニタカメラで人を検知し、可視化する技術があるが、広域でのカメラの設置コストや網羅性にも限界があった。そこで筆者らは、巡回者が動きながら 360°の視野を持つ全天球カメラで撮影した映像から、SfM(Structure from Motion)に基づく対象空間の3次元モデル化と自己位置推定、機械学習による人物検出・追跡処理を行い、現場の3次元モデルにマッピングすることで、実空間での人の分布を可視化した[1]。しかし、3次元モデルの上に人の分布を直接可視化するため、周囲の位置関係がイメージし難いという難点があった。また、巡回のたびに記録された動画ファイルを巡回者が記録メディアに保存し、対象箇所の3次元モデル化を都度実施し直すため、システムの運用において拡張性や継続的な運用に限界があった。

3. 提案手法

本研究では、上記の課題を踏まえ、施設管理

の観点から、定期的な巡回業務での運用を想定し、巡回者が身に着けた全天球カメラから配信映像を処理することで、人の分布をフロアマップにオンラインで可視化する手法を提案する。本手法の処理手順を図1に示す。まず、初回のみ行う処理として、SfMで現場を3次元データ化し座標系を構築する。SfMの座標系とフロアマップ画像の座標系を図2に示すように対応付けする。以降は、複数の巡回人員が巡回業務の度にカメラのライブストリーミングにより配信し、システム上で映像を画面録画し、クラウドに数十秒から数分程度の動画ファイルを細切れに保存する。動画ファイルから一定の間隔で得られた画像群では、フレーム間に写る同一人物の情報を統合し、人物が新規に観測された画像と1秒以上経過し、その人物が次に観測された画像をSfMの入力画像に追加し、既存の座標系を維持して、追加画像の情報をインクリメンタルにSfM処理することで、新規画像の撮影位置を算出する。

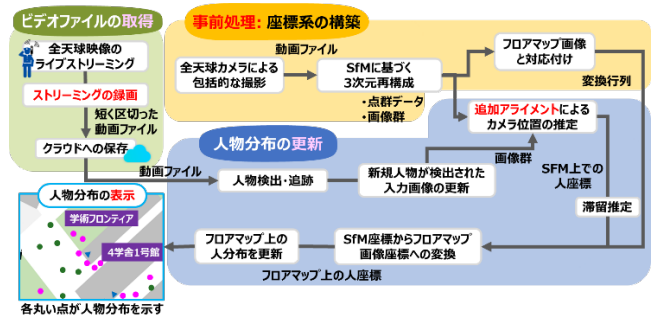


図1: 提案手法による処理手順



図2: 各SfMモデルとフロアマップ座標系の関係

Crowd mapping using Monocular Omnidirectional Camera Streaming
Tomu Muraoka, Satoshi Kubota and Yoshihiro Yasumuro
Faculty of Environmental and Urban Engineering, Kansai University

そして、カメラ位置を基に SfM 上での人座標を算出する。SfM 座標から、フロアマップの座標系 X_m-Z_m 平面と SfM モデル座標系の X_w-Z_w 平面は SfM モデル座標系の Y 軸周りの回転 φ_w と並進移動により、拡大・縮小定数を S 、回転行列を $R(\varphi_w)$ 、並進ベクトル (m_x, m_y) とすると、フロアマップ上での人物位置 (X_m, Z_m) は次式のように算出できる。その後、各撮影位置で観測された同一人物は移動距離により、「滞留している人」か「動いている人」か判断され、新規に観測された位置に色別でフロアマップに表示する。

$$\begin{bmatrix} X_m \\ Z_m \end{bmatrix} = S \cdot R(\varphi_w) \begin{bmatrix} X_w \\ Z_w \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} m_x \\ m_y \end{bmatrix} \quad (1)$$

こうして、クラウドにファイルが保存される度に、フロアマップ上の一貫した座標系で、映像のタイムスタンプに基づいて、人物分布を更新できる。また、広域であっても、複数の巡回員が分担して巡回することで、平行してマップを更新可能である。このようなオンライン処理により、不特定多数の人物分布をフロアマップ上に表示・更新し、巡回業務の中で継続的で拡張性のある運用を可能とする。

4. 実験

実験環境には、関西大学構内で多くの人が混み合う2か所(以下、凜風館、コンビニとする)を対象とし、その内のコンビニ前では時間ごとにも実験した。全天球カメラには ThetaX(RICHO)、ストリーミングには THETA の PLUG-IN である Wireless Live Streaming を使用し、YouTube 上で行った。配信の録画には OBS Studio(OBS Project)を使用した。尚、Wi-Fi 環境には、関西大学から研究室に割り当てられているインターネットに接続した。SfM には Metashape Professional(Agisoft)、人物検出には YOLOX、追跡には motpy を使用した。対象現場のフロアマップへの人物の位置表示には OpenCV を使用した。

事前処理では、2か所の現場の SfM モデルの座標系とフロアマップの座標系の対応付けに、それぞれの座標系での建物や道路の角を目視で計5カ所ずつ対応付けをした結果、フロアマップ上における5点の位置はおおよそ30cmの範囲で SfM モデルと対応付けされた。立って並ぶ人物の1人当たりの占める領域を考慮すると、許容できる差であると考えられる。

対象現場で全天球カメラを携帯し、配信した映像から数十秒間の録画により、動画ファイルを得た。配信中は映像が粗くなることはな

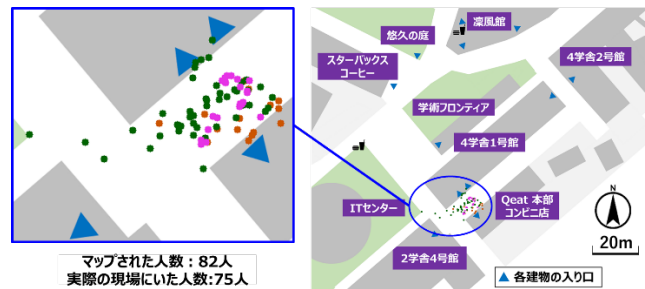


図3: フロアマップ上への人物配置の例
桃色が滞留, 緑色が移動中, 茶色が不明を示す。

かった。動画ファイルを入力として、人物検出・追跡処理をした。新規に観測された人物には、その観測された画像と次に観測された画像を事前に構築した SfM モデルの座標系で追加アライメントによってカメラの撮影位置を推定した。次にその人物の SfM モデルでの移動距離を算出し、滞留推定をした。その後、式(1)により、フロアマップ上での人物の位置座標を算出し、表示した。図3に正午頃のコンビニ前での表示結果を示す。1枚の画像でしか観測されなかった人物は滞留推定できなかった(図3での茶色の点)がフロアにマップされた人物の位置は、概ね元の画像での位置と正しく対応づいており、店舗の入り口付近では密接するように極めて混雑しているのを確認し、実際の混み具合とも一致した。また、別の時間帯や凜風館前でも実際の現場での混雑を見逃すことはなく、同様の結果を確認した。したがって、異なるエリアや時間帯で並行して人の分布情報を更新できた。

これらの機能は、拡張性や実用性のある運用が可能で、来訪者等が人の分布の動向を一目で見えるためには、有効性があると考えられる。

5. おわりに

本研究では、360°の視野をもつ全天球カメラを携帯し巡回するだけでフロアマップに人物の分布を表示・更新できる手法を提案し、実装に基づいてシステムの有用性を確認した。場所により、時間によって、人の行列や密集が発生したり解消したりすることを可視化でき、混雑発生の有無や規模、場所と時間などの情報提供が可能であることを確認した。

今後は、様々な場所・状況で本手法を適用し、システムの実用性の向上を図る予定である。

参考文献

- [1] 村岡叶夢, 窪田諭, 安室喜弘, 「単眼全天球カメラを用いた自己位置推定と人の位置情報のマッピング」, 土木学会論文集, Vol. 79 No. 22, 22-22017, 2023.