

歩行状態・滞留状態に基づいた 歩行者群の空間分布とその時間変化の可視化

土田 夏実[†] 宮城 優里^{††} 大西 正輝^{††} 伊藤 貴之[†]

[†] お茶の水女子大学 〒112-8610 東京都文京区大塚 2 丁目 1 番 1 号

^{††} 産業技術総合研究所人工知能研究センター 〒135-0064 東京都江東区青梅 2 丁目 4 番 7 号

E-mail: [†]{tsuchida.natsumi, itot}@is.ocha.ac.jp, ^{††}miyagi.yuri@aist.go.jp, ^{††}tonishi@ni.aist.go.jp

あらまし 人の歩行に関する情報は、GPS データや動画像といった多様な媒体で記録されている。そして歩行情報から人物の行動パターンや場所ごとの特徴を発見することで、交通、防災、マーケティングなど多様な目的への応用が可能となる。本報告では、複数のカメラで撮影された広範囲かつ長時間の膨大な歩行情報に対して、歩行者が急いでいるか、ゆっくり歩いているかといった「歩行状態」に注目して可視化する手法を 2 種類提案する。1 つ目は撮影範囲を分割した各エリアに対する歩行者群の空間分布を可視化する手法、2 つ目は歩行状態分布が時間でどのように変化するかを可視化する手法である。また 1 つ目の手法に歩行者の滞留情報を加え、滞留の時間と位置の関係を可視化している。

キーワード 可視化, 人流, 歩行状態

1 はじめに

人の歩行に関するデータは、GPS データや動画像といった多様なデバイスで計測される。その中でもカメラで撮影した動画像による歩行データの計測は、歩行者にデバイスを持たせる必要がなく、また行動を正確に記録できることから、今後の普及が有力視されている。この歩行データから、人物の行動パターンや場所ごとの歩行状態の特徴をデータ解析によって発見することで、交通計画やマーケティングなどの現場で、例えば混雑の原因究明や店舗の商品陳列の問題点発見といった用途での活用が可能である。

一方で、実際の現場で利用できるような情報を歩行データの解析で取得するには、長時間かつ広範囲の場所で記録された歩行データが必要となる。しかしこのようなデータは膨大な長さの動画像として記録されており、これらの動画像から有用な情報を直接発見する作業は非常に高難度かつ非効率的である。その一方で、現場の知識を活かして歩行データの解析ができる当事者には、必ずしも動画像を長時間観察できる時間があるとは限らない、もしくは高度な分析手法を駆使できる専門家でないという可能性がある。データ解析の当事者となり得る幅広いユーザ層が、効率的に人流を観察できるようにする一手段として、歩行データから有用な知見を得られる特定の部分を抽出して可視化する技術が有効となる。

そして歩行データの解析に際して、歩行経路を要約するだけでは歩行者の意図を十分に理解できない場合もある。特に多様なタイプの歩行者が入り混じるような空間においては、各歩行者の歩行状態を考慮することも重要である。ここで歩行状態とは、例えば何かを見ながら歩いている、もしくは何かを探しながらゆっくり歩いている、あるいは目的の場所に向かってまっ

すぐ速く歩いている、といった状態を意味する。歩行データの可視化に関する従来の研究は、歩行経路のみを表現しているものが多く、歩行状態の表現には検討の余地がある。

我々はこれまでに、多数の歩行データを圧縮した後に歩行経路を要約して可視化する手法 [1] を提案してきた。しかし我々の従来研究では、歩行者が急いでいるのか、ゆっくり歩いているのか、といった歩行状態に着目した可視化には取り組んでいなかった。そこで我々は、RGB-D カメラを使用して取得した人の流れに関するデータを対象として、多数の人物の歩行データから歩行状態を分類した上で可視化する手法を提案している [2]。現段階での我々の実装では、単純に歩行速度に基づいて歩行状態を分類する。そして、撮影範囲を分割してできる各エリアについて、通過した歩行者の人数を歩行状態別に集計する。このようなエリア別・歩行状態別の人数分布を、本稿では「歩行状態分布」と定義する。従来の可視化方法では、歩行経路を線描画で可視化しているが、線描画では静止状態の歩行者は点で表示されてしまうため、静止状態の歩行者の読み取りが困難となる。歩行状態分布を考慮した可視化方法を用いることで、静止状態の歩行者を解析の際に考慮しやすくなる。さらに時間別の歩行状態分布を同時に可視化し、歩行状態が時間帯によってどのように変化するかを観察できるようにする。

本稿では、我々が既に提案している手法 [2] への追加機能として、歩行経路のクラスタリング結果と歩行者の滞留情報の可視化についても報告する。これらにより、類似した歩行経路や、静止している時間や人数、位置の関係を読み取ることが可能となっている。

本稿の構成は以下の通りである。2 節では関連研究について、3 節では提案手法について述べる。そして 4 節で本手法の可視化結果について、5 節で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

2 関連研究

本節では、歩行データやその他の動線データ解析に関して、これまで提案されている可視化手法について紹介する。

人流可視化で最も多くみられる手法は、歩行経路を計測した空間を表示して、その上に歩行経路（またはそれを表現する図形）を直接描画する手法である。一例として Yabushita らが提案した可視化手法 [3] では、規定の経路が存在しない広場などの場所を対象として、通過人数の多い類似した歩行経路を束にして描画する。このような処理により、歩行者が自由に移動可能な場所で取得した多様な動線に対して、高い視認性を維持した可視化を実現している。しかしこのような経路描画型の手法では、静止状態の人は線ではなく点で描画されてしまうため、静止状態に注目した可視化を実現することが難しい。

一方で、歩行経路を直接描画する以外にも多種多様な可視化手法が、歩行データに対して検討されてきた。松本ら [4] は、動線分析における 6 つの分析項目を、点、線、面を独自生成した 3 次元地図に描画することで、同時に可視化することを提案した。この手法は、同一時間で異なる場所の歩行状態の比較を容易にしている。Wang ら [5] は、都市部の人の流れの解析や移動時間推定のために、都市部全域のタクシーの出発点と到着点を繋いだ、地図と弦グラフの 2 種類を適用した可視化手法を提案した。この手法は地図上に大量の軌跡を描画する代わりに弦グラフを使用することで視認性を維持している。Liu ら [6] は、電車やエレベータの中などの移動できない空間に流入した人が、どのような分布で留まる傾向にあるのかを分析するために、ボロノイ図とヒートマップを組み合わせて、静止状態に特化した可視化手法を提案した。Li ら [7] は、歩行軌跡の始点と終点の場所や記録された時間帯に着目してクラスタリングを行い、類似軌跡と異常軌跡を検出する手法を提案した。この手法は、視点と終点の場所をエリアで分類したのち等高線を用いて可視化しているため、複雑な箇所がなく視認性が高い。

一方でこれらのような、歩行経路を集計して表現することに特化した可視化手法では、歩行経路そのものを描画していないため、詳細な歩行の様子を観察することが難しい。またこれらは全て、特定の時間帯の歩行のみを対象とした可視化手法であり、長時間にわたる歩行状態の時間変化を表現するものではない。以上により、上述の 4 つの手法を単独の可視化手法として扱うには限界があり、歩行経路や時間変化を表現する可視化手法と併せて利用することで、効果をもたらすと考えられる。

歩行経路の線描画だけでなく別の情報も表現している手法に、Nakamura らの可視化手法 [8] がある。人通りの多い駅の改札周辺の歩行者を対象として、1 画面に速度、軌跡、衝突回避位置、静止位置の 4 種類の情報を表現し、静止と衝突が発生する場所に一定の特徴があることを発見した。McArdle ら [9] は、1 画面に街を歩く歩行者の動きを 3 次元で可視化した。 x 軸、 y 軸で位置を、 z 軸で時間を表し、停止位置をハイライト表示することで、歩行者がどの順番でどこへ移動しているかや、複数人で固まって移動している人を分析できる手法を提案した。これ

らの手法は、1 つの可視化画面に複数の情報を表現しているため、何を見て分析したらよいか直感的にわかりやすい。しかしさらに多くの情報を表現する場合、1 画面に可視化するこれらの手法では、視認性が低下するため有効な方法とは言えない。

Blanke ら [10] は、街のイベントに参加した 29000 人の歩行データから抽出した、歩行速度や方向、密度、場所との関係など多様な情報を、複数の画面を使って可視化する手法を提案した。この研究は、大規模で多様な情報を収集する方法や、イベント運営に役立つ分析方法の提案に成功しているが、単独の可視化画面をいくつも作成しているため、視点を何度も移動させてデータ分析を行う必要があることから、効率的な分析方法とは言えない。

以上の問題を解決するアプローチとして、複数の可視化画面を連携することで、歩行経路に関するデータを複合的な情報として可視化することが考えられる。複数の可視化画面を連携する可視化システムは Linked View と呼ばれ、可視化に関する多様なアプリケーションで既に適用されている。Guo ら [11] は、道路を走行する自動車等に限定して、車の動線を空間、時間、多次元の 3 視点で同時に可視化する手法を提案した。宮崎 [12] は、RFID によって取得した人の動線を、人の存在確率密度とベクトル場の 2 通りの手法で可視化する手法を提案した。この手法では歩行データを複数の視点から分析することが可能となっており、2 通りの可視化を重ね合わせることで同時に可視化を実現している。これらの手法は、複数の可視化画面を連動させた Linked View による可視化手法という点では本研究と共通している。一方で本研究では、自動車道路のような規定経路のない自由度の高い空間での歩行経路データを対象としている点で、上述の 2 つの手法とは異なる。

また歩行経路の可視化方法として、描画する線に特徴をつけて表現する方法がある。Koshak ら [13] は、混雑状況を軌跡の流れ方を可視化することで分析可能とした。軌跡の流れ方を表現する際に、滑らかな線と角ばった線を使い分けることで、軌跡がスムーズに動いているのかゆっくりなのかを読み取れる可視化方法を提案した。峯元ら [14] は、歩行状態を直行、経路探索、目的探索の 3 通りに分類し、線のタッチで直感的に歩行状態が伝わるような歩行経路の描画手法を提案した。これら 2 つの手法は線のみで歩行時の様子を表現しているため、直感性や可読性に長けた可視化手法であるが、静止したことを示す表現は十分であるとは言えない。そのため本研究では、歩行者の移動や静止の両方の状態変化に着目した可視化手法を検討している。

一般ユーザを対象とした人流可視化のサービスも近年見られるようになった。一例として、東京急行電鉄株式会社が始めた「駅視-vision (エキシビジョン)」[15] というサービスがある。これはホーム上や改札付近の混雑度をリアルタイムで表示する機能を持ち、「東急線アプリ」より配信されているシステムである。しかし、蓄積されたデータを解析する機能があるわけではなく、リアルタイムの人流を可視化することに特化している、という点で本研究とは目的が異なる。

3 歩行状態に基づいた人流可視化

本節では提案手法の処理手順について述べる．3.1 節ではカメラで取得できる歩行データの形式，3.2 節以降では歩行データの可視化について述べる．人流可視化の方法には大きく分けて 3 次元可視化と 2 次元可視化の 2 種類があるが，2 次元可視化は視点設定の必要がなく容易に利用できるため，本研究では 2 次元可視化を採用する．なお 3.1 節での処理は Miyagi ら [1] が報告した内容と同一であり，3.3 節から 3.5 節の処理は [2] で報告した内容と同一である．

3.1 歩行データの取得

モーションキャプチャデバイス Xtion を用いて，次のような形式の歩行データを記録する．

- 時刻 t
- 歩行者の識別子 ID
- 座標値 (x, y)

Xtion ではミリ秒単位で歩行者の頭部座標と各時刻のフレーム情報を記録する．そのため時刻 t はミリ秒単位で保存される．歩行者の識別子 ID は各歩行者に割り当てられた固有の識別子である．歩行者は，カメラのフレームから外れた時点で別の歩行者とみなすため，同じ人物でも複数回歩行者として数えられる場合がある．頭部座標は 3 次元で取得可能だが，歩行中に高さの変化はないものとみなして，座標値は床平面上での位置を表す (x, y) の 2 次元座標系を使用する．

この歩行データを構成する各時刻のフレーム情報の集合から，同じ識別子を有する点を時系列順に連結することで，各歩行者の経路を 2 次元座標系で取得できる．

3.2 全エリアの歩行状態分布の可視化

続いて本手法では，測定した全エリアの歩行状態分布を可視化する．撮影範囲を分割してできる各エリアを通過した歩行者について，歩行速度に基づいて歩行状態を分類し，集計して可視化している．

本手法ではまず，撮影範囲を図 1 の可視化マップに基づいて分割し記号化する．そのため 3.1 節で取得した各歩行者の 2 次元座標系を記号化し，各エリアから上下左右斜め方向へ移動した歩行者をそれぞれ集計する．図 1 の例では全エリアを 24 分割しており，それぞれで上下左右斜めの合計 8 方向への移動を想定しているため，合計 192 種類の移動が存在することになる．想定した移動方向数は，[2] で実装した上下左右の 4 方向への移動数から斜め方向も含んだ移動数になっており，正確な歩行状態分布の可視化を実現した．ここで分割数の設定は，撮影領域の面積や形状，また可視化に用いるディスプレイの解像度などに依存する．我々は正方形に近い形状でかつ適切なサイズのエリアに撮影領域を分割することにした．4 節にて後述する歩行データでは，我々自身の試行錯誤により，図 1 のように 24 分割するのが適切であると考えた．[2] では上下左右の 4 方向への移動を実装していたが，多様な歩行データに対応するために，最適な分割数を自動設定することも今後検討したい．

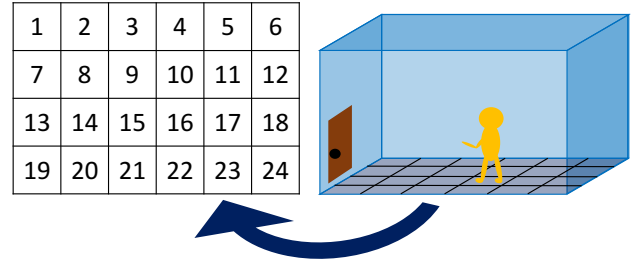


図 1 可視化マップ

そして，現時点での実装では歩行状態を単純に歩行速度から分類している．具体的には以下の処理を適用している．

- (1) 各エリアでの各歩行者の秒速を計算
- (2) 1 秒前と同エリアにいる場合に平均秒速を計算し，異なるエリアに移動するまで続行
- (3) 秒速を 4 段階に分類し，歩行状態値として定義

(2) に関して，1 秒単位で毎回異なるエリアにいる場合は，それぞれのエリアを移動した秒速と向きをそれぞれ計算する．(3) に関して，4 段階の歩行状態値は「静止・ゆっくり歩く・普通に歩く・速く歩く」といった状態を示している．なお，歩行状態値算出の閾値などの設定については，佐々木ら [16] の研究を参考にした．また本手法では，歩行状態値の各々に対して，表 1 に示すカラーマップを適用して色を割り当てる．具体的には，歩行速度が低速である人を赤や黄，高速である人を緑や青で表す．

続いて各描画空間の各歩行状態値の人数を集計する．本手法により，4 種類に分類された歩行状態の歩行者数が各エリアの方向でどの程度いるかを可視化できる．

表 1 歩行状態値と色の関係

色	歩行状態値	秒速 [m/s]
赤	1	～ 0.1
黄	2	0.1 ～ 0.45
緑	3	0.45 ～ 0.75
青	4	0.75 ～

全エリアの歩行状態分布の可視化では，各エリア（本報告の事例では 24 個のエリア）の中心に灰色の正八角形が配置され，その正八角形の上下左右斜めの 8 方向に沿って 4 色の帯グラフが描かれる．例えば図 2 で表した帯グラフは，エリア 1 から右下方向のエリア 4 に移動した人の歩行状態分布が表現されている．各方向の帯グラフは歩行状態値に割り当てられた色で描画され，帯グラフを構成する各領域の面積が各歩行状態の人数を示している．

3.3 全エリアにおける歩行状態の時間変化の可視化

本手法では，前節で説明したエリア別の可視化に加えて，全エリアの歩行状態別人数の時間変化を積み上げ折れ線グラフとして可視化する．この可視化では図 1 の全てのエリアを対象として，各時間帯（現時点での実装では 1 分単位）の歩行状態別人数を集計して表示する．なお人数の集計は，3.1 節で計測した歩行データにおける歩行者の識別子 ID に基づいており，同一

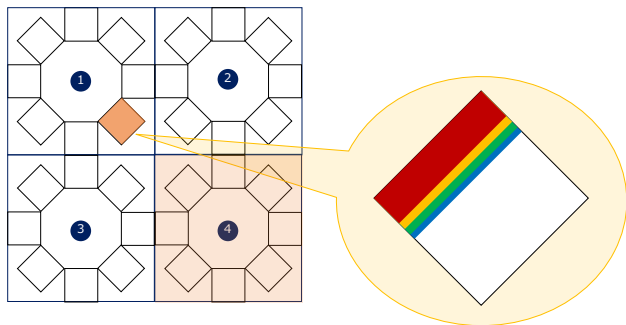


図 2 歩行状態分布の可視化方法

人物に複数の ID が割り当てられる場合があることから、総参加者数よりも集計した人数の総計の方が大きくなる。色の割り当ては 3.2 節の可視化処理と同様に、表 1 に示したカラーマップを用いる。

3.4 選択エリア通過後の歩行経路の可視化

本手法では、ユーザが選択した特定のエリアを通過した歩行者を対象として、エリアを連結する線分でその歩行経路を可視化する。各エリア（図 1 の例では合計 24 か所）を通過する歩行経路を、エリアごとのファイルにあらかじめ記録しておき、本機能を適用する際に選択エリアに対応するファイルを読み込む。例として、24 エリアに分割した場合は 24 のファイルを作成し、選択エリアに合わせて異なるファイルを読み込むため、24 通りの描画結果が得られる。それぞれの歩行経路は、要約するのではなく個別の折れ線で表現する。歩行経路の色はランダムで表示するため、表 1 の意味とは一致しない。なお可視化結果の複雑化を避けるため、移動方向の違いについては描画時に区別していない。

3.5 選択エリアにおける歩行状態の時間変化の可視化

本手法では 3.4 節と併せて、ユーザが選択した特定のエリアにおける歩行状態の時間変化を、積み上げ折れ線グラフとして可視化する。各エリア（図 1 の例では合計 24 か所）について単純に歩行状態別の人数比の変化を集計している。集計に際して移動方向は考慮していない。色の割り当ては 3.2 節の可視化処理と同様に、表 1 に示したカラーマップを用いる。

3.6 歩行経路のクラスタリングの可視化

本手法では、全時間帯での歩行経路群に対してクラスタリングを適用して分類し、多数の歩行経路を含むクラスタを可視化する。我々の実装ではユーザインタフェース部品を集約したツールパネル上に「clustering group」というパネルを表示し、その上にあるスライダーを操作させることで、クラスタを選択表示する。本手法により、特定の時間帯にどのような経路を通る歩行者が多いかを視認できる。本手法ではクラスタリングのための距離算出にレーベンシュタイン距離を採用する。また、クラスタに含まれるそれぞれの歩行経路は、要約するのではなく個別の折れ線で表現する。歩行経路の色はクラスタごとに設定しているため、表 1 の意味とは一致しない。なお視覚表現の複雑化を避けるため、移動方向の違いについては描画時に区別

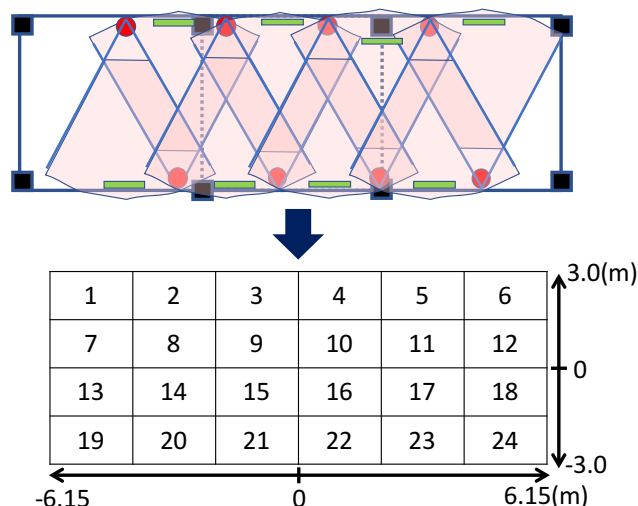


図 3 ポスター発表会場の可視化マップ

していない。

3.7 全エリアにおける静止時間と人数の可視化

本手法では、全時間帯での各エリアの静止時間と人数の関係を可視化する。各エリアに一定時間静止している人数を、静止時間の長さごとに集計し、3.2 節の可視化方法で描いた正八角形の中心に表現する。現在の実装では、一定時間静止している人の数に応じて、透明度を設定した色で塗りつぶすことと、人数を数字で表記することで可視化している。静止時間の長さに関する閾値をツールパネル上のスライダーで調整することにより、静止時間の長さや人数や場所の関係を観察できる。なお、この機能で塗りつぶす色は表 1 の意味とは一致しない。

4 可視化結果

4.1 実験設定

提案手法を用いて、2017 年に開催された合同研究会のポスター発表会場で取得した歩行データを可視化した。データを計測した会場の間取りを図 3 に示す。赤丸は Xtion の設置位置を表す。この会場では部屋の壁の両側（図の上下端）にポスターが貼られ、中央部分が通路となっていた。合同研究会でのポスターセッションは、発表者が各セッション 8 名ずつで、1 時間ずつの合計 5 セッションが実施された。総参加人数は 40 名で、合同研究会実施中の 5 時間の間は、停止することなく歩行データを記録し続けた。我々は 5 時間のデータを 1 時間ずつ分割してファイルに保存し、可視化の作業を進めた。本節ではその中から特定の時間帯の可視化結果を示す。

4.2 可視化結果

3.2 節と 3.3 節の手法を適用して、全エリアの歩行状態分布と時間変化を可視化した例を、図 4 に示す。図 4(中央) が全エリアの歩行状態分布を表し、図 4(右) がその時間変化を表す。配色には表 1 に示したカラーマップを採用しており、配色された描画面積が大きいほど通過人数が多いことを表す。

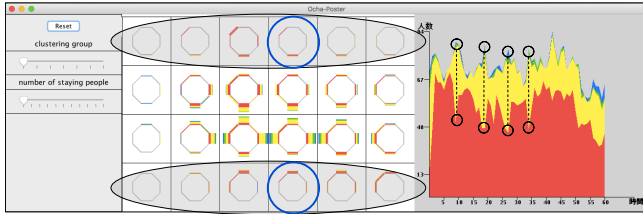


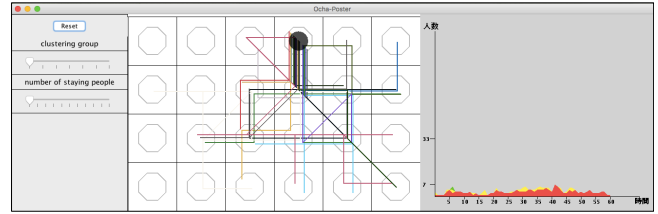
図 4 全エリアの歩行状態分布の可視化

まず図 4(中央) と (右) の両方からは、全体的に歩行速度が遅いことが読み取れる。これは、空間に対して多くの人が参加したことから、人のすれ違いが難しいような狭い空間でポスターセッションを実施することになったためと考えられる。そして図 4(中央) からは、壁側ではポスターを聞いている人が多いことから、ほぼ全ての人が静止している。それに対して中央の通路では、比較的速いスピードで歩行している人が多いことが読み取れるだけでなく、8 方向に分類して可視化したことで、速度だけではなく移動方向も直感的に読み取ることが可能である。そして、我々の以前の実装 [2] での上下左右の 4 方向の表示から、斜めも加えた 8 方向の表示に実装を拡張したことで、抜け漏れの無い正確な歩行状態分布の可視化を実現している。それに加えて、配色図形の大小の変化を観察することで、ポスター位置によって滞在人数が異なることがわかる。例えば図 4(中央) の灰色の円で囲んだエリアにおいて、上段よりも下段の方が、赤の面積が大きいことから多くの人が立ち止まっていることが読み取れる。これは、図 4(中央) の右下に出入り口があったために、下段の方がポスター発表を見る人が多かったからと考えられる。また図 4(右) からは、黒丸で示した部分で、歩行状態が大きく変化していることがわかる。具体的には、赤の人数が減り、黄～青の人数が増加するという状態が、約 7 分おきに発生している。ここから、ポスターの説明が終わって多くの人が別のポスターに移動する、という事象が約 7 分おきに発生していることが示唆される。

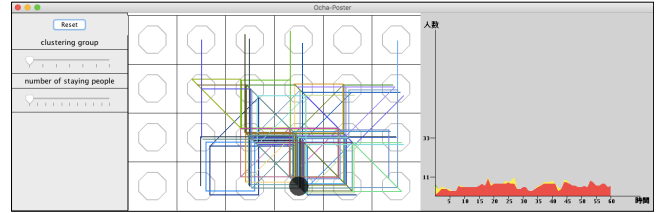
続いて 3.4 節、3.5 節の手法を適用して、特定のエリアを選択し、歩行状態の時間変化と歩行経路を同時に可視化した。図 5 に可視化結果の例を示す。図 5(右) の積み上げ折れ線グラフが、選択エリアの時間変化による歩行状態の変化を表し、図 5(左) に描画された多数の折れ線が、選択エリアを通過した後の歩行者の経路を表す。この結果により、歩行状態の比率が時間によって変化していることがわかる。時間変化における歩行状態の変化と歩行経路を同時に可視化したことで、選択エリアを通過した歩行者の経路と人数の時間変化を比較できる。

図 5(a) および図 5(b) に示す可視化結果は、図 4 の灰色の円で囲まれたエリアのうちの、青色の丸で囲まれた上下 1 エリアずつを、選択した結果である。図 5(a) は、上段の青丸 (図 3 のエリア 4) を選択した時で、図 4(b) は下段の青丸 (図 3 のエリア 22) を選択した時の結果である。

図 4 にて可視化された歩行状態分布では、青丸のエリアはほぼ同様であるように見えるが、図 5 で歩行経路を観察すると大きな違いがあることがわかる。具体的には、図 5(a) のエリア



(a) エリア 4 を選択



(b) エリア 22 を選択

図 5 選択エリアにおける歩行状態の時間変化と歩行経路の同時可視化

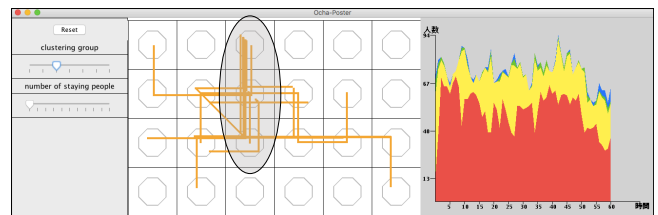
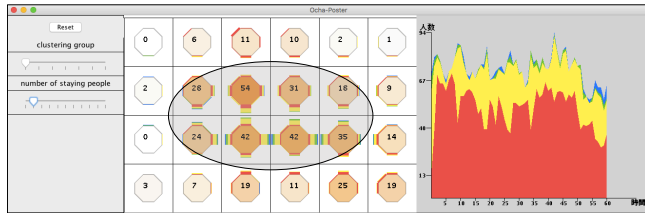


図 6 歩行経路のクラスタリング結果の可視化

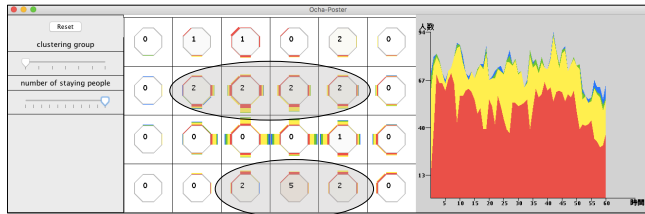
4 を通過した歩行者は、下方向に移動する人が多いのに対し、図 5(b) ではエリア 22 を通過した歩行者は、上方向だけでなく横方向に移動する人も多いたことが読み取れる。このような歩行者の詳細な動きは、歩行経路を描画しないと読み取ることができない。また図 5(右) の積み上げ折れ線グラフからは、図 5(左) から読み取れるように、図 5(b) の方が通過人数が多いことがわかる。

続いて 3.6 節の手法を適用して、歩行経路のクラスタリング結果を可視化した。図 6 に可視化結果の例を示す。スライダーでクラスタを指定すると、クラスタごとに割り当てられた色で、類似した歩行経路が図 6(中央) に表示される。そして図 6(中央) からは、灰色の円で囲んだエリア (図 3 のエリア 3, 9, 15) を移動する人が多いことが読み取れる。この可視化手法により、我々の以前の実装 [2] での可視化では読み取れなかった、歩行者による特徴的な移動を詳細に読み取れるようになった。

3.7 節の手法を適用して、全エリアの静止時間と人数の関係を可視化した。図 7 に可視化結果の例を示す。各エリアに一定時間静止している人の総数を、静止時間の長さごとに集計した結果を、3.2 節の可視化方法で描いた正八角形の中心に、人数に応じて設定した色での塗りつぶすと、人数の数字表記により表現している。静止時間の長さはツールパネル上のスライダーで調整可能である。本事例では、30 秒間以上静止した人数分布を、1 分間刻みで集計して可視化した。図 7(a) は、30～90 秒間同じエリアで静止した人数の分布を表し、図 4(b) は、570 秒間以上同じエリアで静止した人数の分布を表している。そして図 7 からは、静止時間の長さと場所の関係を観察できる。図



(a) 30～90 秒間の静止



(b) 570 秒間以上の静止

図 7 全エリアにおける静止時間と人数の可視化

7(a) と図 7(b) それぞれの人数が多いエリアが、灰色の円で囲んだエリアである。この結果から、短い静止時間の人は中央のエリアに多く、長い静止時間の人はポスターのある壁側に多いことがわかる。この可視化手法により、我々の以前の実装 [2] での可視化からはわからなかった、静止時間の大小によって静止位置が異なるという知見を読み取ることができた。

4.3 今後の課題

ここまでの可視化結果から、我々の以前の論文 [2] で課題として挙げた、歩行状態分布の分割数と、描画する歩行経路の量の 2 点を調整したことで、歩行データの分析内容を拡張することができた。そしてさらに、以下の 3 点が課題としてあげられる。

1 点目として、歩行経路の描画デザインを検討する必要がある。多数の歩行経路を表す折れ線が重なり合って視認性を下げるのを防ぐために、現時点での実装では、折れ線の各々にランダムに色を与え、また折れ線の各頂点を各エリアの中でランダムに移動させている。しかし、この方法では同一データであっても毎回の表示結果にゆらぎが生じるという問題がある。解決手段として、色や頂点座標を乱数以外の手段で割り当てることがあげられる。また、歩行経路の線描画の方法として峯元らの方法 [14] を参考にする予定である。

2 点目として、本研究の目的としている長時間の歩行データへの対応を進める必要がある。具体的には、まず長時間の歩行データを可視化した上で、細かく観察したい時間帯やエリアをユーザが発見して選択的に観察する、といった「Overview + Detail」というスタイルの可視化システムを構築したい。

3 点目として、観察できる時間を分割する必要がある。現在提案している全エリアに対する可視化方法は、全ての時間帯に対してのみを対象としている。観察できる時間帯を細分化して、時間帯ごとの歩行状態を観察できれば、歩行経路に関するより詳細な特徴を読み取ることが可能になる。これを実現できれば、例えば人が密集する場所や時間帯の分析が容易に可能になるだろう。

5 まとめと今後の課題

本稿では、複数のカメラで撮影された広範囲かつ長時間にわたる膨大な歩行データに対して、歩行状態を分類したのちに可視化する手法を提案した。歩行速度に基づいて歩行状態を分類し、撮影範囲の歩行者群について歩行状態分布を可視化している。そして歩行者の滞留情報を加え、滞留の時間と位置の関係を可視化している。さらに歩行状態の時間変化と歩行経路を同時に可視化することで、歩行状態の変化の様子を観察できるようにした。

本手法を用いた可視化によって、全エリアの歩行状態分布から、歩行状態の全体観を読み取ることが可能となった。歩行経路のみでは表現することのできない静止の歩行者も含めると、どのエリアで急いでいる人が多く、反対に止まっている人が多いのかを表現できたことで、各エリアでどの向きにどのような歩行状態の人が多くいるのかを読み取ることができた。そして 8 方向の移動方向で歩行状態分布を可視化したことで、[2] と比較して抜け漏れのない可視化方法を提案できた。選択エリアの歩行状態分布の時間変化や歩行経路の可視化からは、同場所別時間における歩行状態の移り変わりを観察でき、全エリアの歩行状態分布からは読み取ることが難しい、各エリア通過後の歩行経路の様子を表現できた。さらに、我々が既に提案している手法 [2] への追加機能として、歩行経路のクラスタリング結果と歩行者の滞留情報を表現できたことで、類似した歩行経路や、静止している時間や人数、位置の関係の読み取りが可能となった。

一方で、現在では歩行状態の分類のために歩行速度を利用しているが、的確に歩行状態を分類するには歩行速度のみでは不十分だと考える。ポスター発表会場を例にすると、ポスターを見て静止しているのか、閲覧者の談笑によって結果的に静止しているのか、といった点を判別することができない。歩行経路の座標値だけでは歩行分類には限界があるため、今後の課題として、動画像の詳細な解析を可視化することも検討したい。

文 献

- [1] Y. Miyagi, M. Onishi, C. Watanabe, T. Itoh, M. Takatsuka, “Classification and Visualization for Symbolic People Flow Data”, *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol. 43, pp. 91–102, 2017.
- [2] N. Tsuchida, Y. Miyagi, M. Onishi, T. Itoh, “Spatial and Temporal Visualization of Pedestrians Based on Walking States”, *24th International Conference Information Visualisation (IV2020)*, pp. 448–453, 2020.
- [3] H. Yabushita, T. Itoh, “Summarization and Visualization of Pedestrian Tracking Data”, *15th International Conference on Information Visualisation (IV2011)*, pp. 537–542, 2011.
- [4] 松本, 中村, 白石, 高橋, “動線分析における分析項目の同時可視化”, *マルチメディア通信と分散処理ワークショップ 2011 論文集 (DPSWS2011)*, pp. 63–69, 2011.
- [5] H. Wang, H. Huang, X. Ni, W. Zeng, “Revealing Spatial-Temporal Characteristics and Patterns of Urban Travel: A Large-Scale Analysis and Visualization Study with Taxi GPS Data”, *International Journal of Geo-Information (IS-PRS)*, pp. 257–278, 2019.
- [6] X. Liu, W. Song, L. Fu, H. Zhang, “Pedestrian inflow pro-

cess under normal and special situation”, Proceeding of Pedestrian and Evacuation Dynamics 2016, pp. 136–143, 2016.

- [7] L. Li, C. Leckie, “Trajectory Pattern Identification and Anomaly Detection of Pedestrian Flows Based on Visual Clustering”, 9th International Conference on Intelligent Information Processing (IIP), pp. 121–131, 2016.
- [8] K. Nakamura, H. Zhao, R. Shibasaki, K. Sakamoto, N. Suzukawa, “Visualizing Passenger Flow in Railway Station Using Laser Scanners”, Proceedings of the 9th Computers in Urban Planning and Urban Management Conference (CUPUM), pp. 220–231, 2005.
- [9] G. McArdle, U. Demar, S. Spek, S. McLoone, “Classifying Pedestrian Movement Behaviour from GPS Trajectories using Visualisation and Clustering”, Annals of GIS, Vol. 20, No. 2, pp. 85–98, 2014.
- [10] U. Blanke, G. Trster, T. Franke, P. Lukowicz, “Capturing crowd dynamics at large scale events using participatory GPS-localization”, 2014 IEEE Ninth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP), pp. 1–7, 2014.
- [11] H. Guo, Z. Wang, B. Yu, H. Zhao, X. Yuan, “TripVista: Triple Perspective Visual Trajectory Analytics and Its Application on Microscopic Traffic Data at a Road Intersection”, 2011 IEEE Pacific Visualization Symposium, pp. 163–170, 2011.
- [12] 宮崎, “RFID 技術を用いて取得したスーパーマーケット内の顧客動線の可視化”, 日本建築学会技術報告集, Vol. 18, pp. 1033–1037, 2012.
- [13] N. Koshak, A. Fouda, “Analyzing Pedestrian Movement in Mataf Using GPS and GIS to Support Space Redesign”, the Ninth International Conference on Design and Decision Support Systems (DDSS), pp. 1–14, 2008.
- [14] 峯元, 土肥, チョウ, 秋山, 小野, 渡邊, “人流観測に基づく駅周辺移動パターンのビジュアライズ手法の研究—個人単位人流データの活用検討 (2)—”, デザイン学研究, Vol. 63, pp. 33–42, 2016.
- [15] 米司, 松原, 秋良, 飯田, 村上, 額賀, “駅構内カメラを用いた混雑度可視化技術”, 情報処理学会デジタルプラクティス, Vol. 8, No. 2, pp. 152–159, 2017.
- [16] 佐々木, 渡辺, “観覧空間における歩行速度の変化に関する研究”, 人間・環境学会誌, Vol. 6, No. 2, pp. 33, 2000.