

通過点と滞在時間情報を保持し記号列化した歩行者動線の分類と可視化

理学専攻 情報科学コース 宮城 優里 (指導教員：伊藤 貴之)

1 はじめに

監視カメラで記録される映像から歩行者の行動パターンを見つけることにより、交通、防災、マーケティングなどの分野で有益な情報を取得できる。しかし、蓄積された映像データは膨大となるため、人流(歩行者の移動の流れ)の特徴を素早く把握するのは困難な場合が多い。計算機を用いた人流解析の手法は開発途上にあり、特に「大規模な人流情報の圧縮」、「特徴的な要素の検出と提示」の2点について検討する必要がある。

歩行者や移動物体の動きを分析する研究は既に多数存在するが、これらの課題への取り組みが充分ではない。例えば Wang ら [1] は道路上に設置したセンサーを用いて車両の動きをデータ化し、移動経路や速度を可視化した。その一方で、およそ5ヶ月にわたり取得した合計 39GB データの圧縮には着手していない。Nguyen ら [2] は取得した動線データを TraSAX によって記号列化することで、効率的にデータを管理し分析する手法を実現した。この研究では動線形状の可視化も行われているが、特徴的な動線の選出には対応しておらず、分析結果をユーザに提示する方法に改良の余地がある。

本論文では上述した2つの課題を解決する人流可視化手法を提案する。まずカメラによって記録した歩行者動線データを、簡易な記号列に変換することで圧縮する。さらに、記号列間の非類似度を計算してパターン検出や分類を行い、結果を可視化する。

2 提案手法

2.1 人流データの取得と記号列化

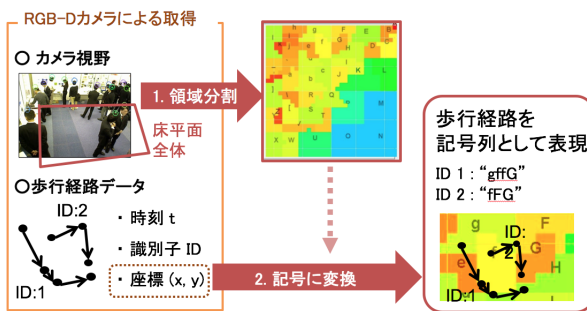


図 1: UniversalSAX による人流データの記号列化

図 1 は、RGB-D カメラの Xtion を用いて取得した人流データを記号列化する処理の流れである。2 次元時系列データとして記録した歩行者動線データを UniversalSAX [3] によって記号列化し、さらにランレングス符号化する。ランレングス符号は、もとの記号列が含む記号とその連続出現回数を交互に記述したものであり、同一の情報をより少ない文字数で表現できる。さらに本手法の場合、記号の種類は歩行者が通過した場所、連続出現回数はそれぞれの場所での滞在時間の長さを意味し、これらの情報を容易に読み取れるようになる。つまりここまでの処理は「データ量の削

減」と「特徴抽出をしやすい形式への変換」という2つの意味を持つ。

2.2 人流の特徴抽出と分類

2.1 節で生成したランレングス符号を用いて、人流の特徴を分析する。通過点や各地での滞在時間の傾向を集計するほか、ランレングス符号どうしの非類似度を算出したのちにクラスタリングを適用し分類する。

非類似度の計算には、記号列間の距離の一種である重み付きレーベンシュタイン距離を利用する。これにより2つのランレングス符号 S_1 と S_2 の非類似度は、最少の手順で S_1 を S_2 に変換する過程で発生するコストの合計値として算出できる。変換の手順を求める際は、通過点を表す記号とその直後に出現する連続出現回数の2つを連結したものを、1つのユニットとしてまとめて扱う。 S_1 や S_2 に含まれるユニットを用いて、3種類の操作(挿入、削除、変換)を繰り返し S_1 に適用し S_2 へ変換するものとして、各操作のコストを累計する。コストの値は、操作の種類や操作対象であるユニットの内容によって変更する。特に、通過点の相違や立ち止まりの長さの差をコストに反映させることで非類似度を高め、これらの点で歩行動線を区別する。

これらの非類似度計算結果を用いてクラスタリングを適用し、人流データを分類する。クラスタリング手法には、k-medoids 法を用いる。その理由として、非階層型クラスタリングであるため本手法で想定する大規模なデータに適用可能であることや、記号列化した動線データをそのまま使用できるため実装が容易であることがあげられる。

2.3 人流の特徴の可視化

最後に、記号列化した人流データを、その特徴を強調しながら可視化する。UniversalSAX で作成した領域分割結果をもとに、各領域の中心座標を1つのノードとし、各ノード間を線で結ぶことで歩行経路を表す。可視化方法は以下の2種類を実装した。1つはランレングス符号化した数百から数千の歩行者動線データを直接入力する可視化であり、もう1つはこれらのデータへのクラスタリング適用結果を使用する可視化である。

クラスタリング適用前の動線データの可視化では、各領域についての概要表示と、選択した地点周辺の詳細表示の2通りの可視化を実現する。操作としては、概要表示の機能を用いて詳細を調べる場所を特定し、続いて特定された場所について詳細表示の機能を使用する、といった手順を想定する。概要表示では、ノードとエッジのサイズや色を変えることで各地点での通過人数や平均滞在時間を表現し、滞留が起きている地点などを可視化する。詳細表示ではノードを1つ選択し、その場所に関するより細かな情報を可視化する。例えば、選択地点を通過した歩行者の行動を、動線アニメーションで表現する。

一方、クラスタリングの結果を入力して可視化する場合は、描画するクラスタをユーザに1つだけ選択させることで視認性を維持し、クラスタ数と同数の可視

化結果画像を見比べることを想定している。動線の位置や色の変更と、始点および終点を示す図形の描画により、各クラスタに含まれる動線データの特徴を明確化する。動線の色はHSBモデルにもとづいて算出する。色相と明度はクラスタごとに決定し、それぞれクラスタ番号と内包する動線の本数を表す。彩度はノードごとに変更し、歩行者が立ち止まりやすい場所の値を高くして目立たせる。

3 展示会における人流分析の一例

本章では、ある展示会場で取得した2種類のデータを用いた可視化事例について考察する。1つめのデータは、受付付近にカメラを設置し(図2(左))8時間にわたって取得した延べ人数5531人分の人流データである。UniversalSAXにより、取得時243MBだったデータを115KBに圧縮し(圧縮率99.96%)可視化に用いた。

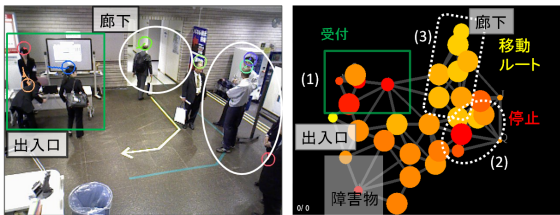


図2: 受付周辺のカメラ視野(左)と滞留可視化結果(右)

図2(右)は、このデータを用いて受付周辺での滞留発生状況を可視化したものである。(1)(2)の部分で歩行者の平均滞在時間が長いことを示す赤い円が出現しており、受付付近と右端のホワイトボード前で滞留が発生していたことがわかった。これらは、受付で手続きをする来場者や、ホワイトボード前で立ち話をする来場者などであることが、カメラ視野の実写画像(図2(左))より確認された。対症的に廊下の入り口付近にあたる(3)の範囲には、歩行者がスムーズに移動していたことを示す黄色い円が集中していることがわかる。

続いて、展示会場に隣接する廊下で取得したデータにクラスタリングを適用し、結果を可視化した例について説明する。廊下の様子と可視化画面の対応関係は図3の通りである。可視化画像は一度クラスタリングを実行すれば生成可能だが、この実験では適切な非類似度の計算式やクラスタ数を探るため、これらを変更しながらクラスタリングと結果の可視化を繰り返した。そこで処理時間を短縮するために小規模なデータセットを選出し、1時間分302本の動線データを使用した。圧縮により、データのサイズは8MBから5KB(圧縮率99.94%)となった。このデータに対して、クラスタ数を変更しながらクラスタリングを適用し、分類結果を可視化した。図4は、クラスタ数を10とした場合の各クラスタに所属する動線の本数を表すグラフと、所属する動線が特に多かった3つのクラスタに含まれる動線を可視化した結果である。動線群、動線の始点を表す六角形、動線の終点を表すひし形のそれぞれが描画された位置の違いから、受付周辺と展示室を歩き来る歩行者や、廊下の奥から受付に向かって移動する来場者が特に多かったということが読み取れる。

これらの実験により、カメラで取得した人流データの特徴を残しながら圧縮し、人流の傾向や特徴を把握

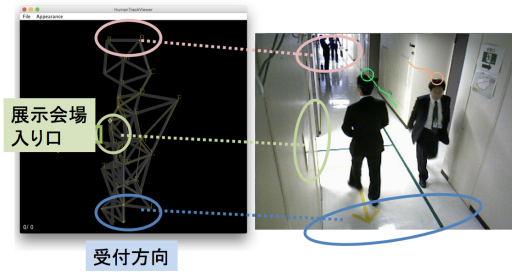


図3: 廊下のカメラ視野と可視化画面

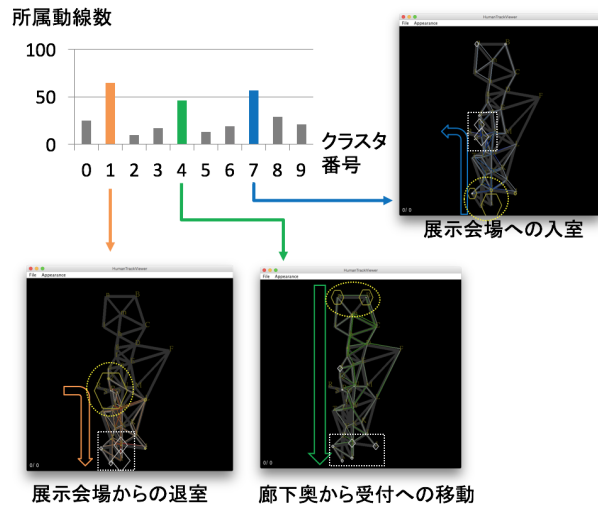


図4: 廊下で記録したデータのクラスタリング結果
できる可視化手法を開発できたと考えられる。

4 まとめと今後の課題

本論文では、記号列化した人流データから通過地点や滞在時間などの特徴を抽出し、それらの結果をグラフによって可視化する手法を提案した。今後の課題として(1)非類似度の定義と動線分類手法の改良(2)歩行者の行動の意味の可視化などがあげられる。

5 謝辞

人流データを提供して頂きました産業技術総合研究所大西正輝様、プログラムを提供して頂きました筑波大学渡辺知恵美先生、可視化に関してご指導頂きましたシドニー大学高塚正浩先生に感謝いたします。

参考文献

[1] Z. Wang, T. Ye, M. Lu, X. Yuan, H. Qu, J. Yuan, and Q. Wu: "Visual Exploration of Sparse Traffic Trajectory data", In *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, Vol. 20, pp. 1813-1822, 2014.

[2] Nguyen H. Thach and E. Suzuki: "A Symbolic Representation for Trajectory Data", 2010 年度人工知能学会全国大会, 1A2-2, pp. 1465-1468, 2010.

[3] 大西, 渡辺: "Universal SAX:空間充填曲線を利用した SAX の多次元時系列データへの適用", 日本データベース学会論文誌, Vol. 11, No. 1, pp. 43-48, 2012.