

経路情報の要約可視化の一手法

藪下 浩子^{†1} 伊藤 貴之^{†1}

我々は大規模な経路情報の要約可視化手法を提案する。本手法では、類似経路を線分の束として描画することで、類似経路の流量を視覚的に識別することを目的とする。我々の技術は、まず蓄積された経路情報を量子化し、それから経路線分を分類し、最後に線分の束を描画する。また、我々は GUI も実装しており、GUI でパラメータを調節することで集約度も調節可能であるため、様々なタイプのデータをインタラクティブに解析することが可能である。本手法は、動画像からの人物追跡、センサー、シミュレーションによって取得されるような時系列順に記録された連続形式の位置情報であれば、様々な種類の経路情報を可視化できる。本手法の特徴のうちの一つは、はっきりとした通路が存在しない場所において、経路を効果的に可視化できるということである。本論文は、RFID センサーによって取得されたデータと、動画像から取得されたデータの、2 つのタイプの経路情報に適用することによって、本手法の効果を示す。

A Summarization and Visualization Technique for Traffic Paths

HIROKO YABUSHITA^{†1} and TAKAYUKI ITOH^{†1}

We present a summarization and visualization technique for large-scale traffic path data. The research aims to visually distinguish the amount of similar traffic, by representing the similar traffic as bundles of lines. Our technique firstly quantizes the collection of paths, then categorizes the segmented paths, and finally renders the bundles of the segments. Our implementation also provides graphical user interface (GUI) allowing users to interactively explore the various types of data, so that they can adjust the degree of summarization by controlling parameters on the GUI. The technique can visualize various kinds of path data recorded as chronologically ordered positions which form sequential segments, acquired from movies, sensors, and computer simulations. One of the features of the technique is that it can effectively visualize paths in the place where there are not expressly constructed ways. This paper demonstrates the effectiveness of the technique by applying to two types of the path data, where one is acquired by RFID sensors, and the other is extracted from a movie.

1. 概要

歩行者の通行量やその動線といった人流において、大変重要な要素である。また、基づく施設運営の効率化が求められている。近年、コンピュータによる人流情報を非常に正確に、また膨大な経路情報の解析を行う際、ビデオ再生が現実的である。よって、人流情報の全体像が問題となっている。既存の可視化手法は、そのために、動線が重なると流量がわかりにくくなる、などの問題がある。人流情報の可視化として最善であるといえる。いくつかの研究が発表された。それらは既知の情報を基準にして、経路群をクラスタリングの場、スクランブル交差点などの、はっきりと規定できない場所には、依然として対応可能である要約可視化技術を開発する。経路が存在するか否かに関係なく、あらゆるタイプの経路情報を可視化する。本手法では、まず 2 次元の格子で経路を量子化し、線分の束として描画する。本論文は最後に典型的な

2. 関連研究

2.1 経路情報の要約可視化手法

経路情報の要約可視化についてはいくつかの研究がある。本論文は、これらの研究のタイプに大別することができる。

^{†1} お茶の水女子大学
Ochanomizu University

2.1.1 経路描画による表現手法

地理的空間における経路情報の可視化に関していくつかの研究がある。Andrienko ら¹⁾²⁾ は、進行方向が決まっている環境下において、類似経路をクラスタリングし、それらを太さの異なる直線の矢印の連結で表示することにより、方向と流量を合わせて表現した。帷子ら³⁾ は、経路選択の自由度が高い環境下において、軌跡成長法により主要経路を抽出し、経路を1本の曲線の矢印で表示することで、最多経路を表現した。

2.1.2 グラフによる表現手法

経路情報の要約可視化の手法としてグラフを用いている研究がいくつかある。Larson ら⁴⁾ は、k-means を改良したクラスタリング手法を用いて、複数の顧客グループを発見し解析した。大西ら⁵⁾ は、最尤推定によって動線の数が増える時間帯によってどのように変化するかをモデル化し、2つの異なる期間や場所の動線がどのように違うかを比較した。Shen ら⁶⁾ は、隣接マトリクスを構成することで、経路をまとめ、それらを効果的に可視化した。Schreck ら⁷⁾ は、経路情報を解析するために基本的な SOM アルゴリズムを拡張し、対話的な可視化モニターと、その調節機能を提案した。

2.2 絡まりあった線分群を可視化するためのクラスタリング手法

膨大な経路情報は、絡まりあった線分群を成していることが多い。絡まりあった線分群を読みやすく表現することは情報可視化技術において一般的な問題であり、さまざまな研究が行われている。Parallel Coordinates のいくつかの改良手法は、クラスタ化アルゴリズムを適用することによって問題を解決した。例えば Fua ら⁸⁾ は、Parallel Coordinates の折れ線をクラスタリングする手法を提示した。また Ellis ら⁹⁾ は、乱雑さを回避する一連の処理を提示した。

グラフ描画の研究においても、絡まりあったエッジの読みやすさを向上させることは重要な問題である。Holten ら¹⁰⁾ は、階層グラフデータのエッジを束ねることによってこの問題を解消した。また、Zhou ら¹¹⁾ は、地理情報に基づくグラフにおける同様の問題に対し、地図上のノードを動かすこと無く、エッジを明確に可視化する新しい手法を提示した。

3. 提案内容

本手法では、時系列順に並べられた、人物座標値の変化のデータすべてを対象とし、それらの経路データを可視化する。その際、ユーザの求める近似または要約レベルに対応して、経路の概略および詳細形状の両方を可視化できるようにする。以下に、提案手法の処理手順

を簡潔に示す。

(1) 座標の量子化

- 経路を一定間隔の格子に重ねる
- 経路と格子の交点を取得する
- 交点を、隣接する格子点に移動
- 量子化経路を構築する

(2) 経路の集計

- 量子化経路の線分を分類する
- 分類結果を集計する

(3) 描画

以下に、本手法の処理について詳しく示す。

3.1 経路座標の取得

我々は、1つの経路を P_i とし、経路の集合を $\{P_1, \dots, P_n\}$ と定義する。また、 i 番目の経路のステップ総数を m とし、1つ1つの経路のステップ j は、 i 番目の経路の、それぞれの位置 P_{ij} として表す。

我々は、4.1.1 節で示す公開されている I 型カメラを用いて、また 4.1.2 節で示す固定カメラによって撮像し、取得した。本手法は、上記の構造で記述された経路データで、動画像やセンサから取得されたデータから、人流情報にも適用可能である。

3.2 座標の量子化

本手法はまず、すべての経路を量子化する。格子を写像する。次に、図 1(1) で示したように、格子の交点を取得する。ここで、 i 番目の経路の交点の総数を l とし、交点の位置を p_i^l とする。続いて、それらを図 1(1) の青点で示す。動する（移動後のそれぞれの点を $p_i^{l'} = \{p_i^l + \Delta p_i^l\}$ とし、 Δp_i^l は移動ベクトル）ことで、図 1(2) で示したような量子化経路を構築する。これらの位置を 2 度通過するこ

3.3 経路の集計

続いて、本手法は、量子化された経路線分を、格子によって分割されたそれぞれの長方形領域ごとに分類する。k 番目の長方形領域を r_k とし、それぞれを v_{k1} から v_{k4} の 4 つの領域に分ける。本手法では、 r_k を通過する P_1 から P_n のすべての経路を対象として、 r_k との 2 交点による線分 $p'_{ij}p'_{i(j+1)}$ を集計する。ここで、これらの線分を、量子化後の線分がどの 2 つの格子点を結びつけたものかで、 r_{k1} から r_{k10} の 10 個のパターンに分類する。図 2 にそれら 10 パターンを 10 色で示す。なお、 r_{k7} から r_{k10} の 4 パターンは、量子化後の線分の始点と終点と同じ位置であるパターンを表す。最終的に、本手法は、同じ長方形領域 r_k において、同じパターンに分類された線分を、幾何学的に近い位置を類似した移動方向で通過しているとみなし、統合する。

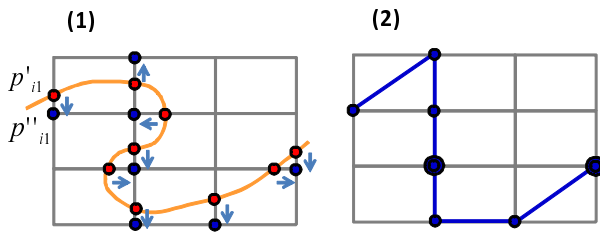


図 1 座標の量子化

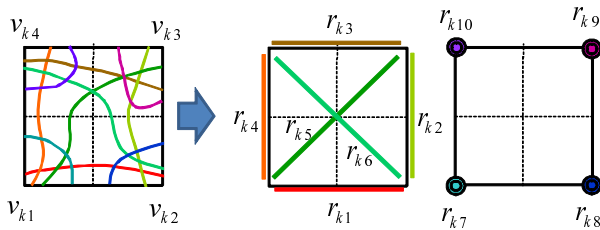


図 2 線分パターン (左) 長方形スペースを 4 分割 (右) 始点と終点の位置による 10 パターンの分類

3.4 描 画

そして本手法は、それぞれの長方形スペースに、その領域を通過する経路を描画する。この時、線分の本数に応じて、処理を分岐させる。もしパターン r_{pq} に分類された線分が、その領域を通過する線分をそのまま描画する。図 3(上) にその描画の様子を示す。この処理と同様の処理を施す。

パターン r_{pq} に分類された線分が複数存在する場合、図 3(下) に平均線分の例を示す。このとき、同じ $p'_{i1}p'_{i2}$ に量子化される。この場合、図 3(下) に平均線分を描画する。

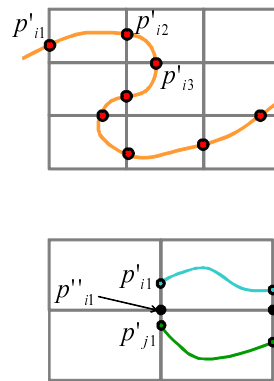


図 3 描画。(上) あるパターンに分類された線分を描画 (下) あるパターンに複数存在する線分の平均線分を描画

3.5 GUI

また我々は、本手法をさまざまな目的や用途に合わせて、ユーザインタフェース (GUI) を実装したソフトウェアを開発し、大縮小、画面の移動、背景画面の描画の最適化などを実現している。

4. 結果

4.1 可視化結果

以下に、タイプの異なる2種類のデータに対する、本手法の可視化結果を示す。

4.1.1 通路が存在する場所におけるデータの可視化結果

本節では、通路が存在する場所で取得したデータの可視化結果を示す。本データは、避難時の動線を RFID センサで取得したものであり、Web でも公開されている¹²⁾。図4にビル内の地図を示す。赤枠で囲まれている場所が、出入り口である。爆弾のマークの場所で爆発が起こり、ビル内の人々が一斉に出入り口へ向かう様子を取得した。

図5に、取得動線をそのまま描画したものを示す。ビル内は通路が存在するため、動線の重なり合いが強く、流量が読み取りにくくなっている。そこで本手法の処理を施し、近似/要約した結果を、図6/図7に示す。図5と比較すると、図6の近似結果は、近似により歩行のぶれが取り除かれている。また図7の要約結果は、流量に応じて線分が赤く、かつ太く描画されているため、流量が読み取りやすい。これらの結果から、避難経路の近くに空いている経路があるにも関わらず、避難者が避難下において冷静さを失ったためか、適当な理由なく過密状況を招いてしまっていることが示唆される。また、図7の左上部の過密している経路をよく見ると、要約線分がその前後よりも太く表示されている。我々はこの結果を不思議に思い、元データを詳しく検証したところ、避難時に右往左往している人物の存在が明らかとなった。我々はこの発見によって、避難経路をわかりやすく提示する必要性を感じた。この可視化結果に基づいて我々は、避難経路の改良案を提示できるのではないかと考える。

4.1.2 通路が存在しない場所におけるデータの可視化結果

つぎに我々は、従来研究には事例の少ない、通路が存在しない場所で取得したデータの可視化結果を示す。我々は大学食堂の出入り口付近を、別のビルの最上階から、30分間撮影した。図8に食堂前の風景を示す。ここで、赤枠で囲まれた場所は食堂の出入り口、青枠で囲まれた場所はゴミ箱、黄枠で囲まれた場所は自動販売機である。我々はこの場所で撮影した動画中の動体を、Mean-Shift法で検出し、人物の位置を各フレームごとに取得した。

図9に取得動線をそのまま描画したものを示す。通路が存在しないため、歩行の自由度が高く、歩行のぶれや交差が目立つ。本手法の処理を施し、近似/要約した結果を、図10/図11に示す。図9と比較すると、図10の近似結果は、近似により歩行のぶれが取り除かれている。また、図11の要約結果は、流量に応じて線分が赤く、かつ太く描画されているため、流量が読み取りやすい。我々はこの結果から、昼食時の大学食堂前における主要経路を

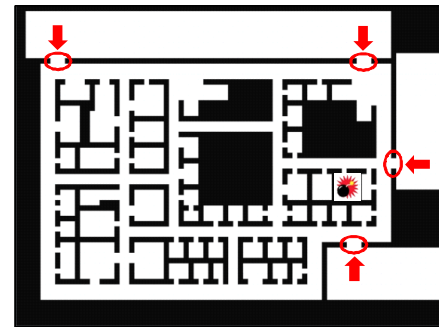


図4 ビル内の地図

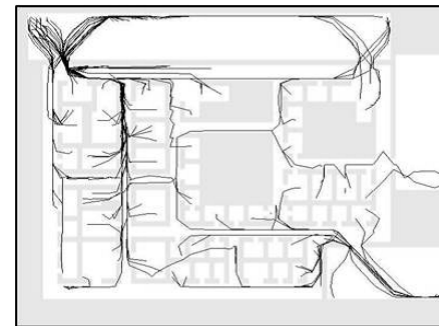


図6 近似結果

発見することができた。また我々は、近似を確認し、さらに要約結果から、主要経路と食堂の出入りの途中にゴミ箱に立ち寄り、とが分かった。このように我々は、本手法を実を発見することができた。

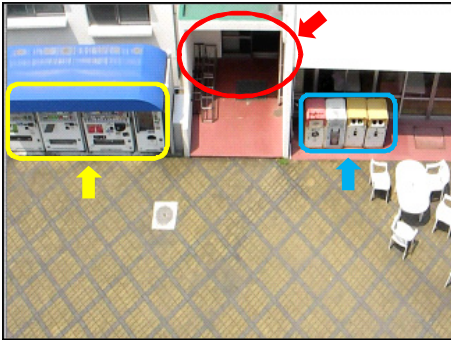


図 8 大学食堂前の風景

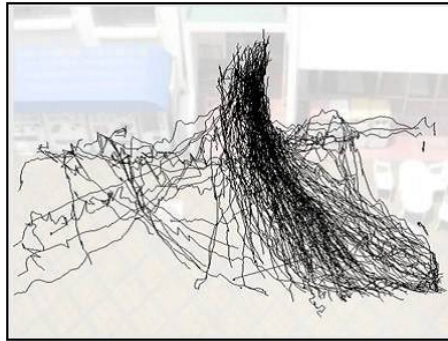


図 9 取得動線をそのまま描画した結果

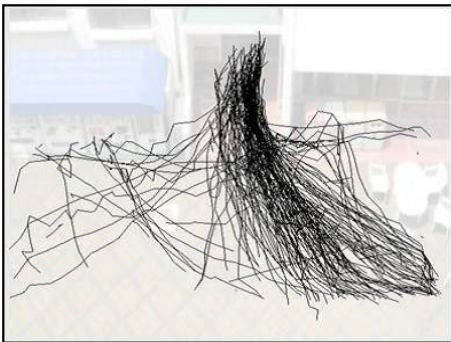


図 10 近似結果

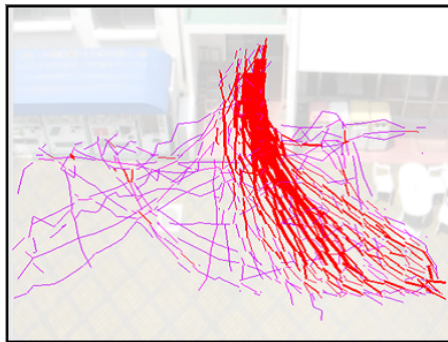


図 11 要約結果

4.2 評価

我々は本手法に対して、主観評価と数値評価を実施した。以下に評価結果を示す。

4.2.1 主観評価

我々は、本手法の主観評価のため、以下に示したいいくつかの目標に対し、どの可視化結果が最もふさわしいか、男女 20 名の被験者にアンケートを実施した（複数回答可）。表 1 と表 2 に結果を示す。Q1 から Q4 が、被験者に提示した目標である。

これらの結果から、本手法の近似/要約結果が、さまざまな傾向の解析に役立つことが分かる。しかし、表 2 の Q4 で示されたように、本手法は逸脱経路や詳細経路の表現に関して、まだ改善の余地がある。我々は、要約可視化手法を改良することで、この問題を解決し

たいと考える。

表 1 4.1.1 節の適用事例

	動線描画	近似
Q1	0	
Q2	15	
Q3	0	
Q4	15	

Q1:混雑している

Q2:避難の問題点

Q3:避難時の混雑

Q4:各部屋にいた

表 2 4.1.2 節の適用事例

	動線描画	近似
Q1	5	
Q2	0	
Q3	10	
Q4	45	

Q1:主要経路を見

Q2:大観をつかむ

Q3:人々の動きの

Q4:細部の特徴を

4.2.2 数値評価

我々は、本手法の数値評価の一指標として、前章で紹介した 2 つの可視化結果の描画線分数を削減しながら、経路の観測を支援して

表 3 描画線分数の比較

	動線描画	近似結果	要約結果
4.1.1 節の結果	68552	1429	454
4.1.2 節の結果	19270	3579	976

5. ま と め

我々は、経路情報の要約可視化の一手法を示した。これまで、経路を要約的にとらえるための可視化に関する研究は、通路が存在するなどの限られた条件下を中心に進められてきた。それに対して本手法では、経路が存在する環境下だけでなく、今まで事例が少なかった交差の多い環境下における経路情報も可視化した。本手法により、経路情報の可視化のための描画線分を飛躍的に減少させ、かつ良好な主観評価を得た。また、本手法の GUI を操作して、近似結果と要約結果を連動的に解析することで、いくつかの有用な事実を発見することができた。

我々は現在、ぶつぎれに描画されている要約結果の線分同士を、連結した曲線に変換する手法に取り組んでいる。また、我々は、流れの方向を表現することで、本手法の可能性を拡げていきたいと考える。

本手法は、4.1.1 節で示した動画像や 4.1.2 節で示したセンサから取得した経路情報に限らず、さまざまなデータに適用可能である。我々は現在、シミュレーション結果等への本手法の適用を考えている。

参

- 1) G. Andrienko, N. Andrienko, Spatial Movements, IEEE Symposium on Visual Information Communication, 51-58, 2008.
- 2) G. Andrienko, N. Andrienko, S. V. Movement Data, ACM SIGKDD Explorations, 2006.
- 3) 帷子, 趙, 柴崎, 有山, レーザスキャナを用いた温度分布モニタリング, 全国大会, 2006.
- 4) J. S. Larson, E. T. Bradlow, P. S. Shopping Paths, International Journal of Retail Research, Dec. 2005.
- 5) 大西, 依田, 大型複合施設における長時間経路可視化, 第 10 回日本情報科学シンポジウム (SSII09), IS4-02, June 2009.
- 6) Z. Shen, K.-L. Ma, Path Visualization, VGTC Symposium on Visualization, 2006.
- 7) T. Schreck, J. Bernard, T. Tekusov, Interactive Visualization of Paths with Interactive Kohonen Maps, International Conference on Information and Technology 2008, 3-10, 2008.
- 8) Y. H. Fua, M. O. Ward, E. A. Ruckliff, for Visualizing Large Multivariate Data, IEEE Symposium on Visual Information Communication, 2006.
- 9) G. Ellis, A. Dix, Enabling Automatable Plots, IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics, 2006.
- 10) D. Holten, Hierarchical Edge Bundles for Hierarchical Data, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 12(5), 741-748, 2006.
- 11) H. Zhou, Energy-Based Hierarchical Edge Bundles, Visualization Symposium, 55-61, 2008.
- 12) IEEE 2008 VAST CHALLENGE, h