

人流情報の比較可視化の一手法

福手 亜弥[†] 伊藤 貴之[†] 大西 正輝[‡]

[†]お茶の水女子大学理学部情報科学科 〒112-8610 東京都文京区大塚 2-1-1

[‡]独立行政法人 産業技術総合研究所 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1

E-mail: [†] {fuku, itot}@itolab.is.ocha.ac.jp,

[‡] onishi@ni.aist.go.jp

あらまし 近年、動画像やセンサによる人物移動追跡の研究が進み、人流情報の蓄積や分析が多方面で注目されている。人流の分析を長期間にわたって実施する際に、時期ごとの人流の違いを比較することで、人流に関する興味深い現象の発見が期待される。本手法では比較対象となる複数の動線情報をスペクトラルクラスタリングによって分類し、各々のクラスタを構成する動線群の時間別分布を ThemeRiver という可視化手法で表現する。これにより、特定の時間帯のみに頻出する人流や、特異な人流の発見や分析を容易にする。

キーワード 可視化, 人流データ, 流量比較

A Visualization Technique for People Flow Comparison

Aya FUKUTE[†] Takayuki ITOH[†] Masaki Onishi[‡]

[†] Department of Information Sciences, Ochanomizu University 2-1-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-8610 Japan

[‡] National Institute of Advanced Industrial Science and Technology 1-1-1, Umezono Tukuba-shi, Ibaraki, 305-8568 Japan

E-mail: [†] {fuku, itot}@itolab.is.ocha.ac.jp,

[‡] onishi@ni.aist.go.jp

Abstract In the recent years, researches of movie- and sensor-based human tracking had great progress. Many fields focus on stocks and analyses of people flow information. While analyzing people flow over long time, we often want to compare differences of people flow in time to discover very interesting phenomena. This paper presents a technique which classifies sets of trajectories to be compared by spectral clustering, and represents time variation of distribution of trajectory clusters by a visualization technique "ThemeRiver". This technique makes users easy to discover and analyze outlier flows, and flows which often appear only during particular hours.

Keyword Visualization, People flow data, Comparison of flow

1. はじめに

人流情報とは人々の歩いた動線や流量のことをい、これらの情報は都市開発広告注目指標・施設運営の効率化など多方面に利用できる可能性を秘めている。そのため、人物追跡や人流シミュレーションの研究が盛んに行われ、近年その技術が向上してきている。これによりさまざまな場所に設置されたカメラから人流情報を非常に正確に取得し、蓄積することが可能になってきた。しかし、人流情報を取得・蓄積するだけでなく、その分析によって将来のために知見を得ることが大変重要である。さまざまなデータに対する分析の中でも、蓄積されてきた長期にわたる人流データの分

析において、時期ごとの人流の違いを比較することで、人流に関する興味深い現象の発見が期待される。そこで本報告では同一場所における異なる時期の人流情報の比較のための可視化手法を提案する。

本手法による人流情報の可視化の手順は以下のとおりである。

1. 比較データに対してクラスタリングを適用し、主要経路へ動線分類・経路可視化。
2. それぞれの異なる時期における主要経路の流量可視化。
3. 1.と 2.を複合的に表示することで、ユーザによる比較を支援。

以上の手順のうち、1.により人流情報を取得した場所における主要な経路を可視化し、2.により異なる時期ごとに流量を可視化し、3.により可視化結果を複合的に表示する。こうすることで、どの経路が時期ごとでどのような変化をしており、時期によりどう異なっているかを一目で確認できるようになり、時期ごとの人流情報の比較が容易になる。そして、主要な経路の時期ごとの流量がどのように異なっているかを把握することで、その流量が変化した原因の追及・改善、また商業等の促進に利用できると考えられる。

2. 関連研究

本章では人流情報の可視化における関連研究を紹介する。既存の可視化手法は、短時間に蓄積されたデータの全体像を可視化するもの[1]と、長期にわたって蓄積されたデータの全体像を可視化するもの[2][3]に大別される。帷子らによる手法[1]は、軌跡成長法により主要経路を抽出し、それらを太さの異なる矢印で表示することで、方向と流量をあわせて表現している。また、大西らによる手法[2]は最尤推定によって特定方向の動線数がどのように変化しているかをモデル化することで、異なる期間や場所の動線がどのように変化しているかを比較し、効率の良い動線の増減の可視化を行っている。鈴木らによる手法[3]は、Hidden Markov Modelを用いた人物動線群からの人物行動パターンの自動分類、および他の人物と異なる逸脱行動を行う人物の検出を実現している。

3. 提案手法

本手法では、同一場所における時系列順に並べられた、人物座標値の変化のデータ全般を対象とする。それらのデータの中で比較したい時期のデータを主要経路ごとに分類し、全体の流量とともに各経路の流量を可視化する。

3.1. 経路座標の取得

1つの経路を P_i とし、経路の総数を n として、すべての経路のセットを $S = \{P_1, \dots, P_n\}$ と定義する。また、 i 番目の経路のステップの総数を m_i として、各々の経路をそれぞれ $P_i = \{p_{i1}, \dots, p_{im_i}\}$ と示す。本手法では、それぞれのステップ p_{ij} における、時刻 t_{ij} 、座標 x_{ij} および y_{ij} を取得する。

本研究では、固定カメラによって撮影された動画像の人物追跡結果を、上記の構造で取得した。

3.2. 主要経路へ分類

経路ごとの流量がどうなっているかを知るためには、比較したい時期の人流データ（以下、比較データ）

の各動線がどの経路に属しているかを知る必要がある。そこで、動線のクラスタリングを行う。

クラスタリング手法としては一般的に、非階層型クラスタリング手法である k-means 法が用いられている。

k-means 法は、セントロイド c_i (クラスタ C_i の重心点)をクラスタの代表点とし、

$$\sum_{i=1}^k \sum_{x \in C_i} (D(e_j, c_i))^2$$

の評価関数を最小化するように k 個（予め指定した数）のクラスタへ分割する。得られたクラスタ内部でセントロイドをとり、再度クラスタに分割しなおすという方法を繰り返す。ここで e は要素を示し、要素とクラスタのセントロイド c_i とユークリッド距離 D が最小となる分割をもとめている。

しかし、この k-means 法にはクラスタリング結果が初期値に依存するという欠点が存在する。そこで本研究では、この欠点を克服したスペクトラルクラスタリングという手法を用いる。スペクトラルクラスタリングとは先の k-means 法を実行する前にラプラス固有写像を適用するクラスタリング手法である。ラプラス固有写像とは次元削減法の一つであり、高次元空間におけるデータの類似度が低次元空間に写像した後も反映されるように設計されている。

スペクトラルクラスタリングのアルゴリズムを以下に示す（図1参照）。

1. ラプラス固有写像を用いて、各要素を $k-1$ 次元空間の特徴空間に写像する。
2. 特徴空間内で k-means 法を実行する。

k-means 法を実行する前にラプラス固有写像を適用することで、要素が適切に分離されるような特徴空間を得られるため、2.で実行する k-means 法の結果が初期値に依存しにくくなる。

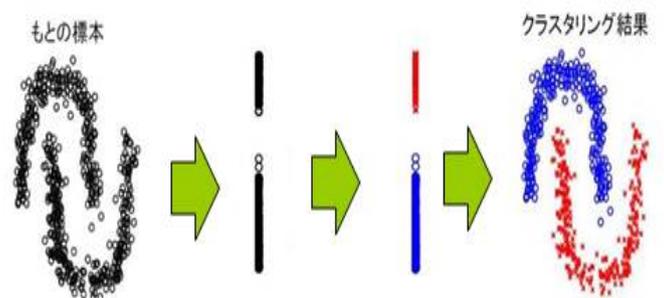


図1: スペクトラルクラスタリングの流れ

このスペクトラルクラスタリングを用いて、すべての比較データを統合したデータに対してクラスタリングを実行し、動線を主要な経路に分類する。その前処理として、1つの経路 P_i がもつステップの総数 m_i はそれ

それぞれ異なるため、ステップの総数 m_i をすべての経路のステップ総数の平均値 M に合わせる。そして、一人分の動線を M 次元ベクトルとして扱い、クラスタリングを実行する。

3.3. ThemeRiver による流量の可視化

先のクラスタリング結果を用いて、比較データそれぞれに対し、各クラスタの時間別動線数を計算する。それをもとに、ThemeRiver[3]という可視化手法を用いて、比較データそれぞれの各クラスタの時間別流量を可視化する。ThemeRiver による表示例を図 2 に示す。

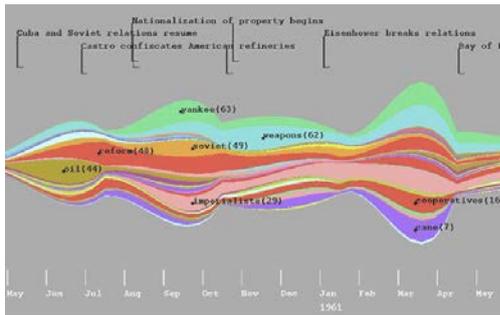


図 2 : ThemeRiver を用いた表示例

ThemeRiver とは、要素数の時間的推移を川の流れるように提示する可視化手法で、各要素を色で、各要素の値の大きさを垂直方向の幅で表現し、複数の要素の時系列変化を積み重ねて表示する。この手法は、値の大きさが塗り分けの幅に対応しているため、どの要素が大きな変化をとっているかをユーザは一目で知ることができる。

本手法では、ThemeRiver における色を各クラスタに、垂直方向の幅を各クラスタの流量にあてることで、全体の流量変化とクラスタごとの流量変化を可視化できる。このようにして比較データごと ThemeRiver を生成し、見比べやすいように縦に配置する。

4. 適用事例

東京都の秋葉原にある複合施設のエレベータ付近に設置したユビキタスステレオビジョンから取得したデータを本手法に適用した事例を紹介する。本事例において我々は、月曜日の 17~23 時と日曜日の 17~23 時の二つのデータを比較した。

図 3 は誰もいない時のエレベータ付近の撮影風景である。左にみえる赤い四角でかこまれたエスカレータは 2 階から 3 階へと上がるエスカレータとなっており、右側にみえる青い四角で囲まれたエスカレータは 3 階から 4 階へあがるエスカレータである。図 4 は取得データに対してクラスタ数 4 でクラスタリングを実行し、動線をエスカレータ付近の主な 4 つの経路に分類した

ものである。黄色の経路は 2 階から 4 階へあがる人の経路、青と緑は 2 階から 3 階へと上がってきた人の経路、赤はエスカレータ付近でうろろうろしている人の経路である。

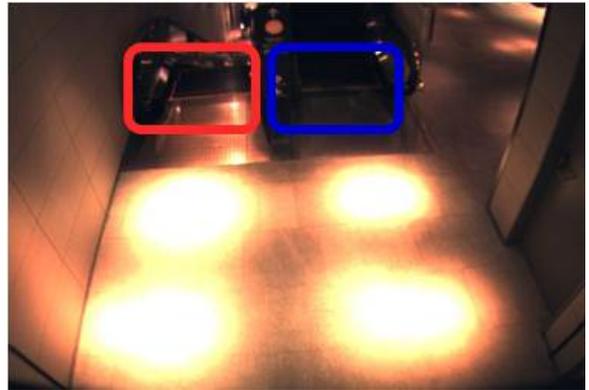


図 3 : 取得データ場所の風景

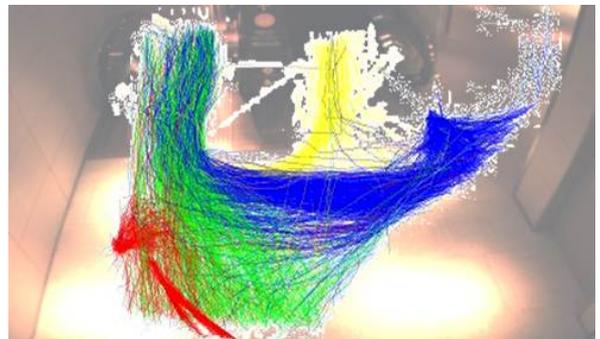


図 4 : 4 つの主要経路に分類した結果

続いて、月曜日と日曜日の流量変化を ThemeRiver による可視化結果から比較する。図 5(上)は月曜日、図 5(下)は日曜日の流量変化に関する可視化結果である。二つの ThemeRiver を全体的に俯瞰すると、日曜日の可視化結果のほうが全体の幅が大きくなっている。ここから全体的には、日曜日のほうが利用者数が多いことがわかる。しかし、図 5 の(1)の矢印が指す黄色の経路の流量を見ると、月曜日よりも日曜日のほうが全体をとおして多いことがわかる。これより、4 階は休日の日曜日よりも平日の月曜日に利用される場所であることが推察される。また、図 5 の黒色の四角で囲われた 18~20 時の部分を見ると、日曜日は比較的ゆるやかな流量変化をしているのに対して、月曜日は流量の変動が大きい。これより、月曜日は流量のピークが一気に過ぎ去る傾向にあることがわかる。

以上のように、動線のクラスタ分布(図 4)と各クラスタの流量変化(図 5)を複合的に用いて比較することで、ある一時期のデータからは知ることができなかった新たな知見が得られることがわかる。

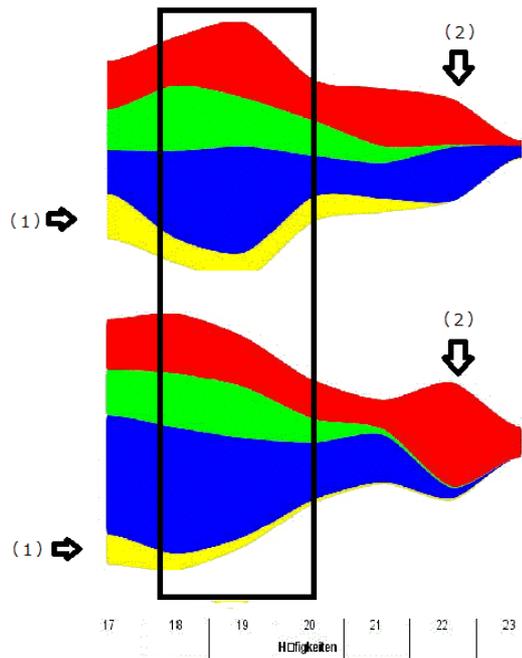


図 5：流量比較（上:月曜日，下:日曜日）

参考文献

- [1] 帷子, 趙, 柴崎, 有山, レーザスキャナを用いた群集の流動抽出およびセンサネットワークを用いた温度分布モニタリング, 全国測量技術大会 2006 学生フォーラム, pp. 230-244, 2006.
- [2] 大西, 依田, 大型複合施設における長期間にわたる人流解析, 第 15 回画像センシングシンポジウム (SSII09), IS4-02, 2009.
- [3] 鈴木, 平澤, 田中, 小林, 佐藤, 藤野, Hidden Markov Model を用いた逸脱行動人物検出, 電子情報通信学会パターン認識・メディア理解研究会, Vol. 106, No. 99, PRMU2006-46, pp.43-48, 2006.
- [4] Susan, Beth, Lucy, ThemeRiver: Visualizing Theme Changes over Time, Freshwater Biology Vol. 46, Issue 6, pp. 807-819, June 2001.

5. まとめ

本報告では、同一場所における異なる時期の人流情報を比較するための可視化の一手法を提案した。この比較により、一つの人流情報だけでは得られなかった、特定の時間帯のみに頻出する人流や、特異な人流の発見や分析が容易になると考えられる。

よりユーザに対応した人流比較を実現するために、現時点では以下の点が今後の課題としてあげられる。

- スケッチによる経路抽出
- 主要経路に該当する動線のサンプリング表示
- 移動方向の表示

スケッチによる経路抽出により、ユーザが求める経路に類似した経路を取り出すことができる。これを用いることで、個々のユーザが知りたい特定の経路の情報を容易に得ることができる。また、スケッチを導入することで、異なる場所における類似人流を手動特定し、これらを比較する、ということも容易になる。主要な経路に該当する動線のサンプリング表示については、現段階は比較対象のすべての比較データの動線を主要経路ごとに色分けして描画しているが、すべて描画してしまうと色分けしてあるとはいえ煩雑な可視化画面になってしまう。それを改善するために、主要経路を代表する動線をクラスタから選択して、それだけを表示させるなどをして、主要経路の視認性の向上を図りたい。移動方向の表示については、現状では動線がどの向きに進んでいるかがわからない可視化結果になっているため、今後の課題としてその情報も付加した可視化手法を開発したい。