

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、動画像やレンジ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 を用いて可視化する。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が容易になる。

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 recent years, research of movie- and sensor-based human tracking has made 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

時々刻々と変化する人の流れを人流といい、ある場所における人々の歩いた動線や、その動線数を表す流量を人流情報という。これらの人流情報は都市開発・広告注目標・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。近年、商業利用を目的として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ており、さまざまな場所に設置されたカメラから長期間の人流情報を正確に取得し、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・蓄積するだけではなく、その分析によって将来のために知見を得ることが商業の観点からも重要である。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間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知見の発見が期待される。そこで本論文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スペクトラルクラスタリングを適用し、動線を主要経路へ分類し、可視化する。
2. それぞれの異なる時期における主要経路の流量を ThemeRiver によって可視化する。

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する。

以上の手順のうち、1.ではスペクトラルクラスタリングを用いて、人流を取得した場所での主に使用されている経路(主要経路)へ動線を分類・可視化する。次に、2.では時系列情報の可視化手法の一つである ThemeRiver を用いて異なる時期の流量を可視化する。最後に、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に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る。そして、主要な経路の時期ごとの流量がどのように変化し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、さらには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、短期間に蓄積されたデータを対象として可視化するものと、長期間にわたって蓄積されたデータを対象として可視化するものに大別される。短期間データを可視化する代表的な研究として藪下らによる研究[1]と帷子らによる研究[2]があげられる。前者の研究は、蓄積された経路情報から経路を近似・量子化し、類似経路を要約して表現している。後者の研究は、軌跡成長法により主要経路を抽出し、それらの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。これら二つの研究は一つの画面で経路とその流量をまとめて可視化している。一方、長期間のデータを可視化する手法として、大西らによる研究[3]があげられる。この研究は、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・グラフ表示することで、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、効率よく動線の増減を可視化している。しかし、それぞれの主要経路別に異なる時期の流量の違いをグラフで表示していたために、異なる時期とそれぞれの経路における流量が全体的を通してどのように異なっているかを把握することが困難だった。提案手法は長期間のデータを対象として可視化することを目的とし、大西らによる手法では把握できなかった主要経路全体の流量の比較を実現する。主要経路ごとの流量変化を時期ごとに ThemeRiver を用いて同時に表示することで、一目で異なる時期におけるそれぞれの主要経路の流量の違いを容易に比較することが可能である。

3. 人流情報の可視化

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

動画像を用いた人物追跡によって、動画像の始まりから終わりまで微小な時間間隔でそこに存在する人すべての位置情報 (x, y) を取得する。本研究では、ある人が通った経路を P_i とし、その経路をたどる間に人物追跡でその人の位置情報を取得した回数を m_i とする。1人の経路を $P_i = \{(x_1, y_1), \dots, (x_{m_i}, y_{m_i})\}$ として、動画像に現れたすべての人の経路を取得する。次のクラスタリングでは P_i を1つの要素として主要経路へ分類する。

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非階層型クラスタリング手法である k -means 法が広く用いられている。

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、

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

の評価関数を最小化するように予め指定した k 個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計算し、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、 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[4]を用いる。スペクトラルクラスタリングは先の 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に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。

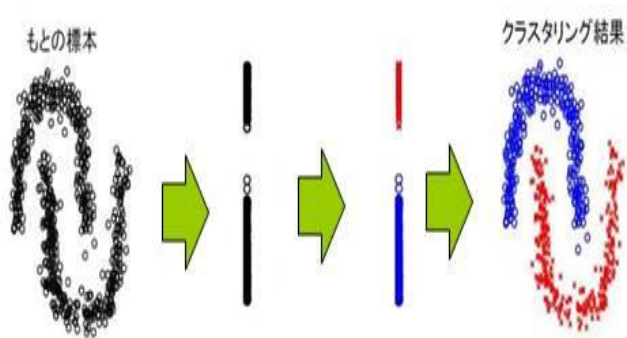


図 1: スペクトラルクラスタリングの流れ

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 P_i もつステップの総数 m_i は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、一人分の経路を 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[5]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 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、横軸で時間を表現し、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、どの要素が大きく変化しているかをユーザは一目で知ることができる。新聞のトピック数の時間的変化を ThemeRiver で表示した例を図 2 に示す。図 2 は新聞のトピックを色で表し、トピック数を垂直方向の幅で表現しており、複数のトピックの時間推移の同時把握を容易にしている。

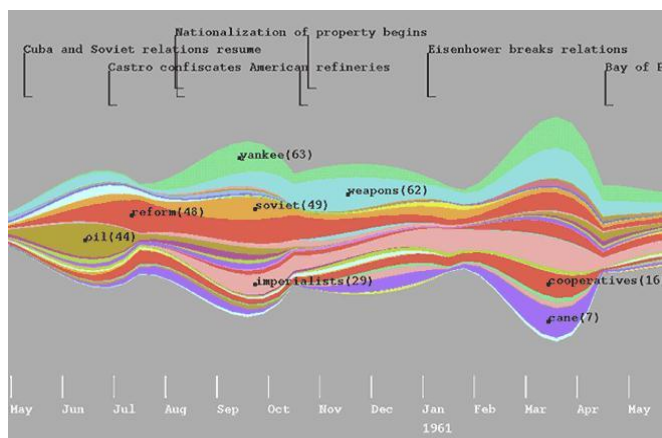


図 2: ThemeRiver を用いた表示例

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によって、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に ThemeRiver を生成し、見比べやすいように縦に配置する。

4. 実験

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ステレオカメラら取得した人流情報を本手法に適用した事例を紹介する。本事例において、月曜日の 17~23 時と日曜日の 17~23 時の二つの異なる時間のデータを比較した。

図 3 に画像の取得場所の再現図を示す。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している人の経路を表している。

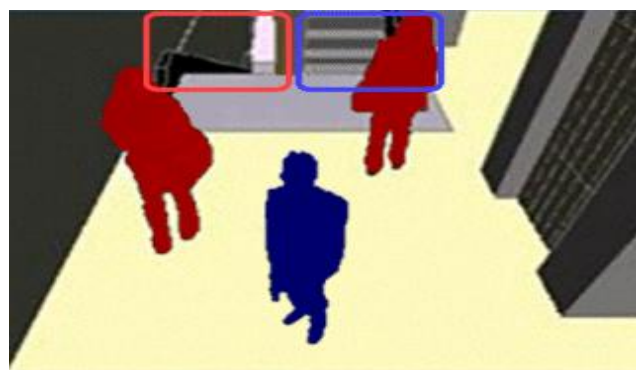


図 3: 取得データ場所の風景

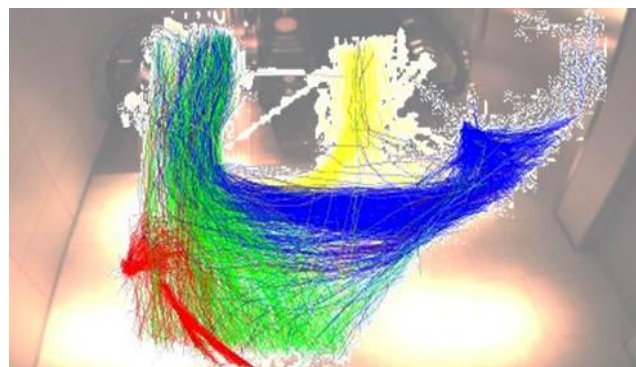


図 4: 4 つの主要経路に分類した結果

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(図 5)によって比較する。図 5 の横軸は時間、縦軸は人数を表しており、それぞれの色が図

4の動線の色の人数に対応している。また、(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を見比べると、月曜日に比べて日曜日の可視化結果の幅が大きくなっていることから、全体的にみると日曜日の利用者の数が多いと結論付けることができる。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、日曜日よりも月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。これは本施設の4階より上のフロアには平日に利用されるオフィスがある事実とも一致している。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。一般客の多い日曜日は客層が様々であるため時間にばらつきがあるのに対し、オフィスワーカーが多い平日は会社帰りといったような決まった時間に訪れることが多いため、このような現象が起こると考えられる。

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。

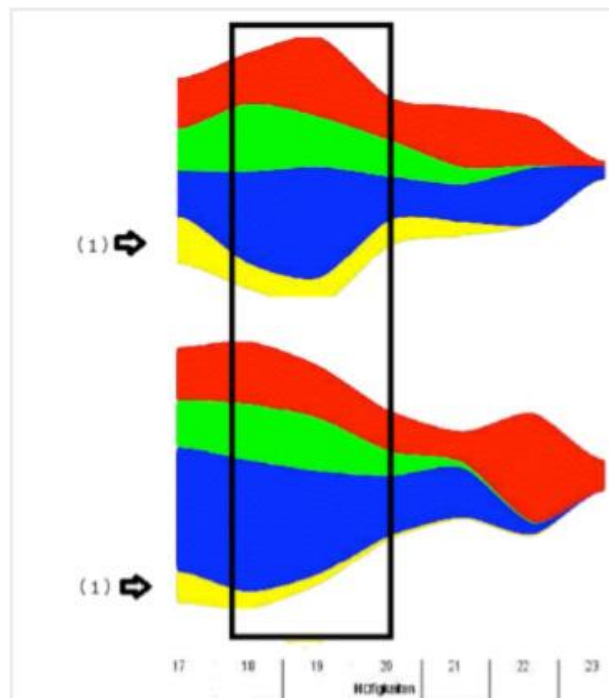


図5：流量比較（上：月曜日，下：日曜日）

5. まとめ

本論文では、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、今後の課題として以下の点があげられる。

- 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
- 経路表示と流量表示の連携操作

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ユーザが手動で特定し、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、現段階で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、今後の課題として移動方向の情報も付加した可視化手法が必要である。経路表示と流量表示の連携操作については、経路表示(図4)上にて特定のクラスタを選択操作すると流量表示(図5)上にて対応するクラスタをハイライトするという。また逆に流量表示上で特定のクラスタを選択表示すると経路表示上にて対応するクラスタをハイライトする、といった機能を開発したい。

参考文献

- [1] 薮下，伊藤，経路情報の要約と可視化の一手法，芸術科学学会論文誌，Vol. 10, No. 3, pp. 167-178, 2011.
- [2] 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.
- [3] 大西，依田，大型複合施設における長期間にわたる人流比較と可視化手法，電子情報通信学会論文誌(D) vol.J93-D, no.4, pp.486-493, April 2010.
- [4] A. Ng, M. Jordan, and Y. Weiss, On spectral clustering: Analysis and an algorithm, NIPS, pages 849-856, 2001.
- [5] Susan, Beth, Lucy, ThemeRiver: Visualizing Theme Changes over Time, Freshwater Biology Vol. 46, Issue 6, pp. 807-819, June 2001.

