

## イベント空間における移動軌跡収集とその解析

渡邊 優太<sup>†</sup> 太田 昌克<sup>††</sup> 宮崎 敏明<sup>†</sup>会津大学コンピュータ理工学部<sup>†</sup>日本電信電話株式会社 NTT 未来ねっと研究所<sup>††</sup>

## 1. はじめに

GPS 等の測位技術の進歩に伴い、人や車等の移動体の軌跡が容易に計測可能になり、大量の移動軌跡の可視化や行動予測が行われている。移動軌跡は、イベント等の状況によって変化することから、移動軌跡の比較によって状況の推定を行うことにより、動線計画やマーケティングの支援が可能になると考えられる。例えば、買い物客の移動軌跡が、過去の移動軌跡と異なる場合、買い物客の嗜好等が変化したと判断し、店舗レイアウト設計や品揃え等に反映させることが考えられる。

本稿では、複数の移動体の軌跡からなる移動軌跡集合について、それらを定量的に比較し、分類する手法を提案する。本手法は、移動軌跡集合の特徴をグラフで表現し、その構造から移動軌跡集合間の類似性を評価する。さらに、本手法の有効性を検証するために行ったイベント参加者の移動軌跡収集と、その解析結果についても報告する。

## 2. 頻出動線グラフ

本手法は、移動軌跡集合の特徴として移動軌跡中に頻繁に現れる動線群（頻出動線群と呼ぶ）を用い、頻出動線群同士の類似性によって移動軌跡集合の比較、分類を行う。なお、個々の移動軌跡は位置を表す文字列で表現する。

頻出動線群の解析としては、Giannotti ら[1]が、地点間の移動時間も考慮し、移手段に応じた頻出動線群を抽出し、可視化している。しかし、頻出動線群が多い場合、それらを視覚的に比較することは困難である。また、動線計画やマーケティングでは、多くの動線が流入・流出する動線は、移動体が集中・分散する動線として重視されるため、頻出動線間の接続関係も考慮した頻出動線群の比較が必要と考えられる。これらの課題を解決するために、我々は頻出動線群をグラフ（頻出動線グラフと呼ぶ）で表現する。

頻出動線グラフは以下のステップで作成する（図1）。

1. 移動軌跡集合から頻出文字列を抽出し、頻出動線を求める。
2. 各頻出動線をノードとし、互いに接続する頻出動線のノードをエッジで結ぶ。

得られた頻出動線グラフ間の類似性をグラフ編集距離[2]によって計算する。これにより、頻出動線同士の類似性だけでなく、頻出動線の接続関係の類似性も考慮した頻出動線群の比較、分類を行う。

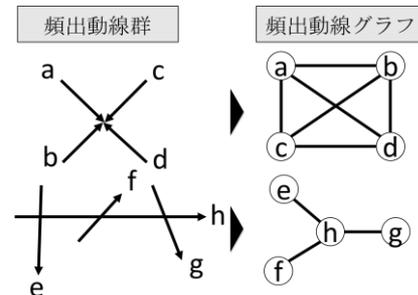


図1 頻出動線グラフの作成

## 3. 評価実験

頻出動線群と各種イベントとの関係が確認できる実験フィールドとして、学園祭会場を選定し、本手法の評価を行った。学園祭の来場者に協力を依頼し、312名に図2のBluetoothタグ[3]を配布した。タグリーダを会場内の屋内外21箇所（スポットと呼ぶ）に配置して、近くを通過するタグの電波を読み取り、タグIDで集約して協力者の移動軌跡を収集した。図3にタグリーダの配置場所と移動軌跡の一例を示す。表1のイベントスケジュールから人の流れを想定し、全移動軌跡を学園祭開始時から1時間毎に6つの集合に分割した。スポットを表す文字列で移動軌跡を表現した各移動軌跡集合に対して、文献[4]の方法で頻出する部分文字列を頻出動線として抽出し、それぞれに対して頻出動線グラフを作成した。図4に13:30から14:30の移動軌跡集合における頻出動線グラフを示す。頻出動線の文字列の類似性を用い、多次元尺度構成法（Multidimensional scaling; MDS）によって類似する頻出動線を近くにマッピングしている。グラフ編集距離によって求めた類似度をもとに、群平均法による階層的クラスタリングによって

Trajectory Pattern Analysis for Rambling Activities in Event Space

<sup>†</sup>Yuta Watanabe, <sup>††</sup>Masakatsu Ohta, <sup>†</sup>Toshiaki Miyazaki

<sup>†</sup>School of Computer Science and Engineering, The University of Aizu

<sup>††</sup>NTT Network Innovation Laboratories, NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION

頻出動線群を分類した結果を図5に示す。頻出動線群は次の3つのクラスターに分けられている。

1. メインステージイベント集中時間帯  
11:30-12:30 食堂で昼食・和太鼓鑑賞  
13:30-14:30, 14:30-15:30 ゲストライブ鑑賞
2. 会場内回遊時間帯  
10:30-11:30, 15:30-16:30
3. サブステージイベント集中時間帯  
12:30-13:30 抽選会参加

1 はメインステージ周辺で行われた人気イベントが影響する頻出動線群であり、3 は中心エリアから離れた場所で行われたイベントに関連する頻出動線群であった。2 は主だったイベントがなく、協力者が自由に会場内を回遊する頻出動線群であった。

結論として、頻出動線グラフによって移動軌跡集合を定量的に比較し、イベントに応じて分類できることが検証できた。これは、本手法による移動軌跡集合の比較、分類により、イベントの識別や変化等の状況推定が可能であることを示唆している。

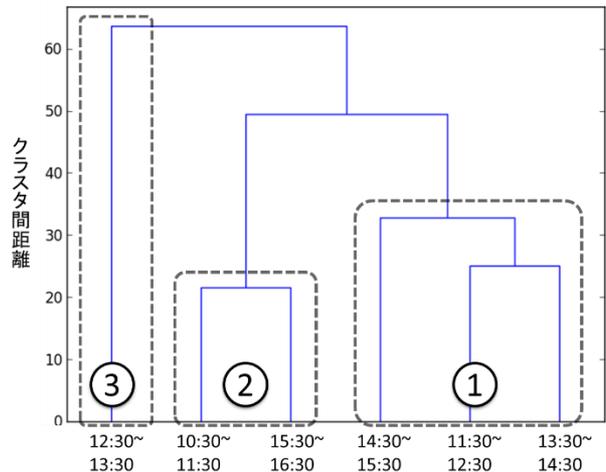


図5 頻出動線群の分類

表1 主なイベントスケジュール

サブステージ	メインステージ
11:00~ 大声大会	10:00~ 軽音部ライブ
13:00~ 大抽選会	12:00~ 和太鼓
14:00~ 混声合唱	14:30~ ゲストライブ開場
	15:00~ ゲストライブ開始
	16:00~ 軽音部ライブ



図2 タグリーダーとBluetoothタグ

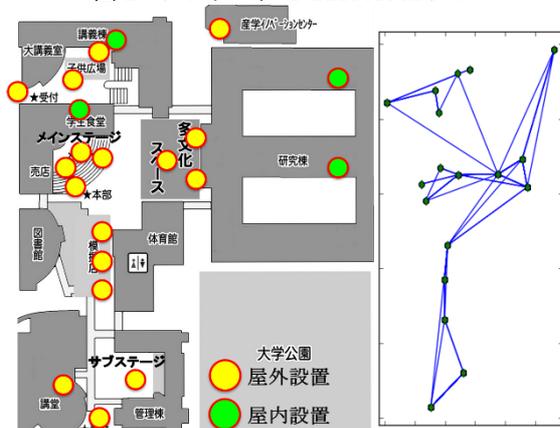


図3 タグリーダー配置場所と移動軌跡

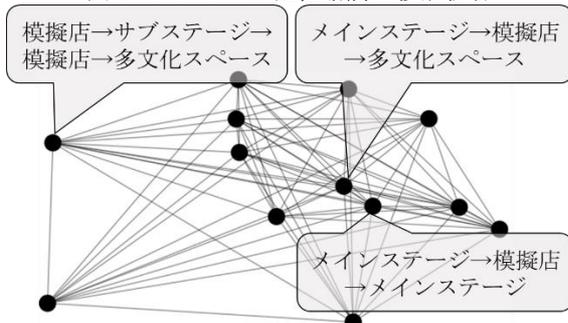


図4 MDSによる頻出動線グラフの可視化

#### 4. おわりに

イベント空間における人の移動軌跡集合を頻出動線グラフで表現し、それらを定量的に比較することにより移動軌跡集合を分類する手法を提案した。評価実験により、学園祭来場者の移動軌跡集合を学園祭イベントに応じて分類できることを確認した。今後は、イベントの識別や変化等の状況推定に本手法を適用するとともに、同伴者数や再訪問回数等のイベント来場者プロフィールが、移動軌跡に及ぼす影響を分析していく。

#### 文献

[1] F. Giannotti, M. Nanni, F. Pinelli, D. Pedreschi, "Trajectory pattern mining", Proc. the 13th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining (KDD'07), pp. 330-339, 2007.

[2] K. Riesen, S. Emmenegger, H. Bunke, K. Riesen, S. Emmenegger, H. Bunke, "A Novel Software Toolkit for Graph Edit Distance Computation", Proc. 9th Int. Workshop on Graph Based Representations in Pattern Recognition, LNCS 7877, pp. 142-151, 2013.

[3] "Bluetooth Tag : StickNFind", <https://www.sticknfind.com/>

[4] J. Pei, J. Han, B. Mortazavi-Asl, H. Pinto, Q. Chen, U. Dayal, M.-C. Hsu, "PrefixSpan: Mining Sequential Patterns Efficiently by PrefixProjected Pattern Growth", Proc. Int. Conf. Data Engineering (ICDE'01), pp. 215-224, Heidelberg, Germany, April 2001.