

近接者ネットワークをもとにした感染リスクの高い人流の可視化

理学専攻 情報科学コース 2240674 森越 彩楓 (指導教員：伊藤 貴之)

1 はじめに

感染症は感染者との接触によって拡大するため、他人との身体的接触を減らすことが感染症の拡大を抑制するための有力な手段とされている。このような背景から、多くの観客が集まるスポーツやコンサートのようなイベントは、収容人数の制限や大声・飲食の禁止など多くの制約がある状態で開催されていた。現在はイベント開催時の制約は完全に撤廃されているが、感染症のリスクは依然として存在しているため、人の流れを分析し、効果的な群集制御策を実施することが必要である。有効な群集制御を実現するには、混雑した場所にいた人物の歩行経路について、空間・時間両方の特徴を分析することは大きな意味を持つ。可視化によって歩行者の混雑状況を把握する手法として、密集状態をヒートマップで可視化する手法 [1] や歩行者が交差点を通過する際に生じるエネルギーを歩道をエッジ、交差点をノードとした無向グラフで可視化する手法 [2] がある。しかし、大規模人流データの可視化においては、経路が複雑になることや、単一の可視化手法で表示できる特徴の数に限界があるなどの理由から、従来手法では混雑した場所にいた人物の歩行経路の特定までは及んでいない。

本論文では、感染リスクが高い人流の特徴として歩行者の近接状態に着目し、その特徴を3つの可視化画面で表示するシステムを提案する。本システムでは、近接状態をもとに経路を描く歩行者を限定することで経路の視認性の問題に対処し、3つの可視化画面を組み合わせることで空間・時間両方の特徴を表示する。

2 近接状況可視化システムの提案

本研究では、3つの可視化画面を組み合わせて近接状態を可視化するシステムを提案する(図1)。3つの可視化画面をインタラクティブに操作することで、特定の歩行者や時間・空間にフォーカスを当てて近接状況を観察できる。本節では、それぞれの可視化画面と画面が持つ操作について説明する。

2.1 近接者ネットワーク

近接者ネットワークの画面(図1(a))では、近接条件を満たした歩行者をノードで表し、近接関係にある歩行者間をエッジで連結してできるネットワークを描画する。ノードの色は歩行時間帯を表し、エッジの太さは合計接近時間を表す。ノードの初期配置は力学モデルを適用して算出され、さらにドラッグ操作でその配置を変更することができる。

近接者ネットワークの画面は、近接者選択機能を有する。ノードをクリックすることで、ノードがハイライトされて選択状態になる。この状態で Run ボタンを押すことで、選択された歩行者の歩行経路が近接者

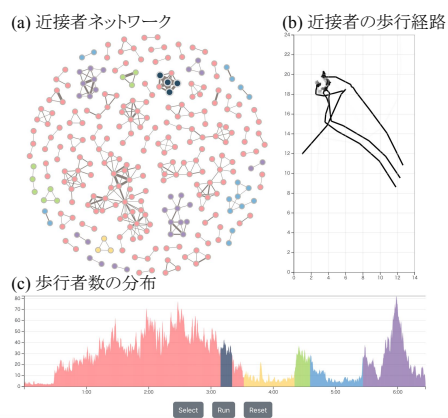


図 1: システムの全体図(近接者選択機能を使用)

の歩行経路の画面に描画され、出現時間が歩行者数の分布の画面に表示される。

2.2 近接者の歩行経路

近接者の歩行経路の画面(図1(b))では、近接条件を満たした歩行者の歩行経路を表示する。描画領域は人流データが計測された空間と同じアスペクト比で表示され、また歩行経路の色は歩行時刻を表す。

近接者の歩行経路の画面は、近接エリア選択機能を有する。マウスの範囲選択で領域の一部を選択し、Select ボタンを押すことで、そのエリアで近接をした歩行者群が近接者ネットワークで選択される。この状態で Run ボタンを押すことで、選択された歩行者の歩行経路と歩行時間が表示される。

2.3 歩行者数の分布

歩行者数の分布の画面(図1(c))では、各時刻の歩行者数を棒グラフで描画する。この棒グラフも時間帯ごとに近接者ネットワークと同様の色を与える。また、可視化画面の操作によって選択された歩行者の歩行時間は、本画面上に黒色で表示される。

歩行者数の分布の画面は、近接時間選択機能を有する。マウスの範囲選択で時間を選択し Select ボタンを押すことで、選択された時間に計測領域に出現していた近接条件を満たす歩行者群が近接者ネットワークで選択される。この状態で Run ボタンを押すことで、選択された歩行者の歩行経路と歩行時間が表示される。

3 分析例

3.1 使用する人流データ

本論文では、サッカースタジアムのコンコースの一部において、レーザー光を用いて対象物までの距離を計測するセンサによって取得された人流データを使用する。観客の歩行の様子を試合開始前から試合終了後ま



図 2: 使用する色とサッカーの試合時間の対応表



図 3: 近接時間選択機能で試合終了後を選択した結果

での約 6 時間計測し、約 58,000 人について歩行時刻、歩行者の識別子、歩行者の座標を取得した。

3.2 近接の条件

本研究では、一定時間以上物理的距離を保てない距離にいる状態を「歩行者の近接状態」と定義する。日本では物理的距離の推奨値として 2m が使用され、また感染者との 1~2 分間の接触で感染した例があることから、歩行者間の距離が 2m 以内の状態が 1 分以上継続した状態を近接状態とする。

3.3 可視化結果

図 1 は、提案システムによる分析データの可視化結果である。サッカースタジアムで計測したデータを使用したため、近接者ネットワークと歩行者数の分布で使用する色は試合時間をもとに割り当てた (図 2)。

歩行者数の分布の画面で、試合終了後 (紫) の時間帯に 2 つのピークを確認できる。計測を実施したスタジアムでは、試合終了後に選手がパフォーマンスを行っており、試合終了後すぐに帰宅する観客と、選手のパフォーマンスを見た後に帰宅する観客がいるためこの現象が発生している。そこで、近接時間選択機能で試合終了後の時間帯全てを選択した結果を図 3 に示す。この結果、1 つ目のピーク中にハイライトされている時間帯がなく、近接が発生していないことがわかった。これより、試合終了後すぐに移動している歩行者は、スタジアム内にとどまらず直ちに退場していることが予想される。

近接者ネットワークの中に、複数のノードが連結された大きなグループが存在している。これを近接者選択機能で選択した結果を図 4 に示す。さらに詳細に分析するために、近接エリア選択機能を用いて図 4(1), (2) を選択した結果をそれぞれ図 5, 6 に示す。この結果から、図 4 中で黒色でハイライトされた 1 つの大きなグループに見えるノード群は、図 5, 6 中のノード (3), (4) を除いて、図 4(1), (2) のエリアどちらかのエリアでのみ近接していることがわかった。つまりこの大きなグループは、ノード (3), (4) が共通で所属する 2 つのサブグループの接続によって形成されている。

このように、多数の人物を含むグループは複数のサブグループで構成されている場合がある。このようなグループでは意図せぬ接近が発生しているため、感染経路不明の感染を引き起こす可能性がある。そのため感染症対策を徹底し、滞留の抑制によって大きなグルー

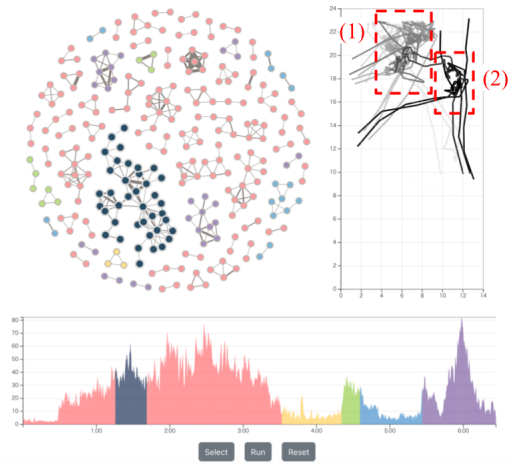


図 4: 近接者選択機能でグループを選択した結果

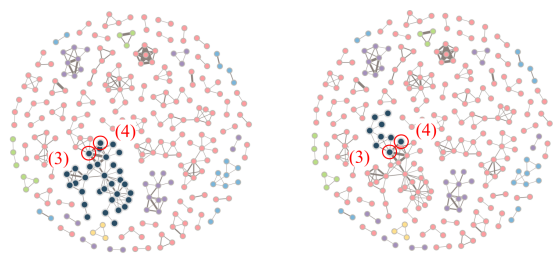


図 5: (1) を選択した結果 図 6: (2) を選択した結果
プの発生を防ぐことが重要である。

4 まとめ

人流の「近接状態」に着目し、感染リスクの高い人流の特徴を分析するためのシステムを提案した。本システムでは、大規模な人流データから近接が発生している歩行者を検出・選択し、その歩行経路を可視化するため、感染に直結する重要な歩行経路群の特徴を観察することができる。さらに、3 つの可視化画面を単一のウィンドウで表示し、それぞれの結果で表示される特徴を関連づけることで、空間・時間両方の特徴を容易に発見できる。今後はネットワークの配置に関する改善や提案システムを用いた感染症対策の考案・効果の検証を検討している。

謝辞: 本研究を進めるにあたり、データの提供や、研究方針に関するアドバイスをいただいた産業技術総合研究所の大西正輝氏に感謝の意を表す。

参考文献

- [1] Ahmed Alia, Mohammed Maree, and Mohcine Chraibi. On the exploitation of gps-based data for real-time visualisation of pedestrian dynamics in open environments. *Behaviour & Information Technology*, 41(8):1709–1723, 2022.
- [2] Jia Wang, Zena Wood, and Mike Worboys. Conflict in pedestrian networks. In *Geospatial Data in a Changing World: Selected Papers of the 19th AGILE Conference on Geographic Information Science*, pages 261–278. Springer, 2016.