

# 近接者ネットワークをもとにした人流の可視化

森越 彩楓<sup>†</sup> 大西 正輝<sup>‡</sup> 伊藤 貴之<sup>†</sup>

お茶の水女子大学<sup>†</sup> 産業技術総合研究所<sup>‡</sup>

## 1 はじめに

人流解析は、観光や交通、防災など様々な場面で役立てられている。また人流解析の手段として可視化を用いた研究も多数発表されている。

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界的に拡大した2020年以降、3つの密（密閉・密集・密接）を避けた行動が強く求められている。特にイベント開催時における混雑緩和は重要な課題である。このような背景から近年では、人流解析に関する議論がさらに活発化している。感染症対策という観点で注目すべき人流の特徴として、歩行者どうしが近づいた状態を本報告では「近接」と呼ぶ。従来の人流可視化の研究において人の近接にもとづいたものは少ない。そこで本報告では人流データから近接状態を検出し、その特徴を可視化する手法を提案する。

## 2 関連研究

コロナ禍の人流を分析した研究として大西ら[1]の研究があげられる。感染拡大前後の人流の様子を移動軌跡や流量を可視化することで比較している。混雑が大幅に減少している様子は一目で理解できるが、位置情報を表現した可視化には至っていない。またWangら[2]の研究では混雑の様子を、交差点をノード、歩道をエッジとし、人がその交差点を通るときに生じる抵抗値をノードに割り当てた無向グラフで可視化している。場所ごとの混雑度は確認できるが、時間ごとの様子が読み取れない点で改良の余地がある。これらの点に関し、本手法では近接が発生している歩行経路の時間・場所両方の特徴を可視化する点が既存方法と異なる

## 3 提案手法

本手法では人流データから近接情報を取得し、近接が発生しやすい状況の特徴を可視化する手法を提案する。

### 3.1 人流データの取得

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(LiDAR)を用いて取得した、次のような情報を人流データとして使用した。計測の手段としてレーザーセンサを用いると、蓄積されるデータは対象物の距離と方向だけであるため、個人を特定できる情報を保存せずに人流データを得ることができる。

- 時刻  $t$
- 歩行者の識別子 ID
- 歩行者の座標  $(x, y)$

同じ識別子をもつ歩行者の座標を時系列順に連結して歩行経路とする。

### 3.2 人流データの可視化

続いて、得られた人流データから一定以上の時間にわたる近接が発生している歩行者のペアを検出する。本研究では「近接」を「フィジカルディスタンスの推奨距離である2メートル」と定義し、閾値時間以上にわたる近接の発生を検出する。

得られた近接情報をもとに、以下の2つの可視化を実現する。

[可視化1] 近接状況の表示

[可視化2] 近接が起きている歩行経路の詳細表示  
操作手順としては、まず[可視化1]を用いて詳細を調べる近接者群を特定し、続いて[可視化2]を用いることで近接が発生している歩行経路の特徴を観察する。

[可視化1]では各歩行者をノードとし、近接した歩行者間をエッジで連結したネットワークを描画して、歩行者の近接状況を表す。この時に合計接近時間をエッジの太さ、時間帯をノードの色で表示して近接状況の特徴を強調する。またスライダーを調整することで近接時間の閾値を変更できる。これにより、エッジ生成の条件を調節しながら近接者のネットワークを観察できる。

[可視化1]でネットワーク中のノード群を選択すると、[可視化2]では該当する歩行者の経路および時刻を可視化する。ネットワークから近接者クラスタを発見し、各クラスタに属している歩行者を選択すると、近接が発生している歩行経路の詳細を描画できる。歩行経路は歩行時間によって色を変化して表示する。歩行座標にマウスポインタを重ねれば、詳細情報を表示できる。さらに各時間帯に観察される歩行者数を棒グラフで可視化する。この棒グラフも時間帯ごとに[可視化1]と同様の色を与える。また、選択された歩行者の歩行時間は色を変えて表示する。

図1は可視化を実行した結果の一例である。

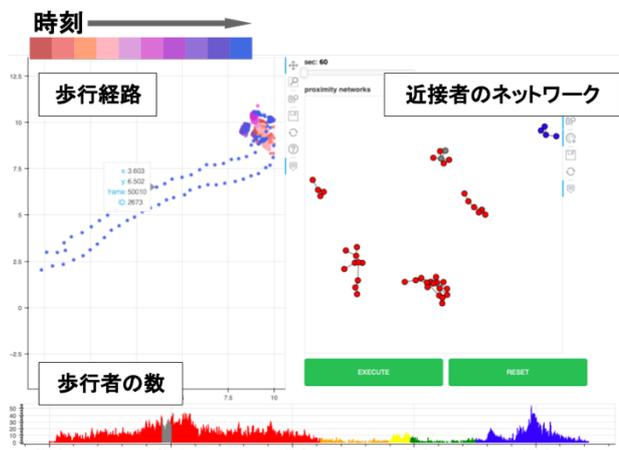


図1: 可視化実行画面

People flow visualization based on proximity networks

<sup>†</sup> Sayaka Morikoshi and Takayuki Itoh, Ochanomizu University

<sup>‡</sup> Masaki Onishi, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

#### 4 分析例

新型コロナウイルス感染拡大後に、サッカースタジアムのコンコースの一部分で計測された人流データを例にして、近接状況の可視化結果を以下に示す。計測時、会場では観客数に上限が設けられていた。撮影時間は試合開始前から終了後までの約6時間で、合計1万人を超える歩行情報を取得した。ただし歩行者は撮影範囲外に出た時点で識別できなくなってしまうため、同じ歩行者でも別のIDの歩行者として数えられている。

本節にて示す例では、近接検出の閾値を60秒とし、60秒以上にわたる近接の発生を検出した。まずは人流データから得られた近接情報をもとに、ネットワークを可視化する(図2)。

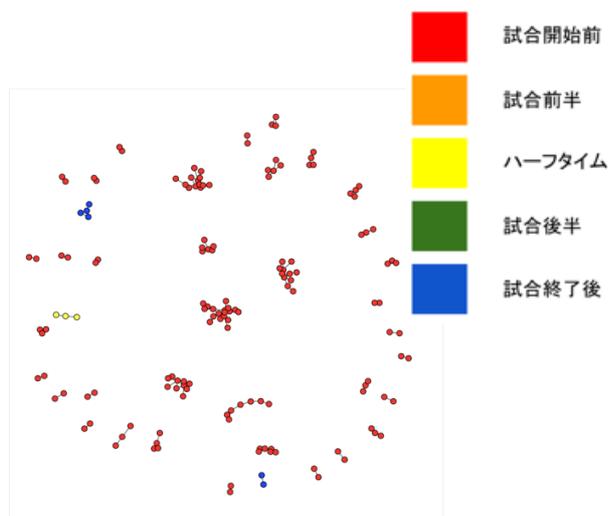


図2：近接状況の可視化結果

ノードの色は、歩行者が出現した時間によって5つに分けられている。色分けの結果として赤色のノードが多いが、これは試合開始前に近接の多くが発生していたことを示している。

続いてネットワークから発見した特徴的なクラスタについて分析した。図3は複数人が関係している大きなクラスタの1つである。このクラスタでは2つの小さな集団が2つのノード①②の接続によって大きな集団になっている。歩行経路からも実際に、①と②の接近で2つの集団が繋がっていることが確認できる。

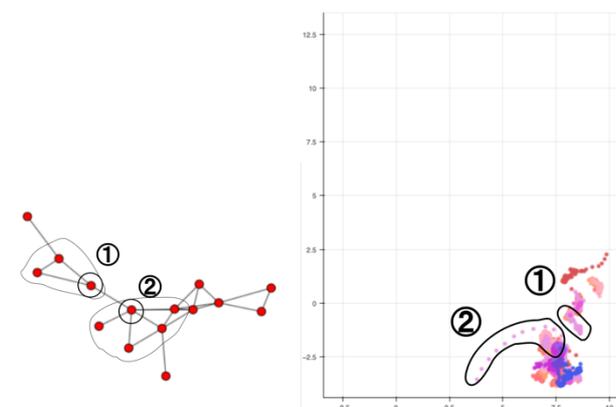


図3：特徴的なクラスタ(左)と歩行経路(右)

このような複数の集団の接近によってできた大きなクラスタは、意図せぬ接近がもたらす感染経路不明の感染につながる可能性がある。よって大きなクラスタはより感染リスクが高いと考え、その特徴を発見するために、5人以上を含むクラスタの歩行経路を全て可視化した(図4)。結果から2ヶ所の地点で多くの近接が発生していることが読み取れる。実際、この2地点は座ることが可能な空間であり、人が集まりやすいことがわかっている。

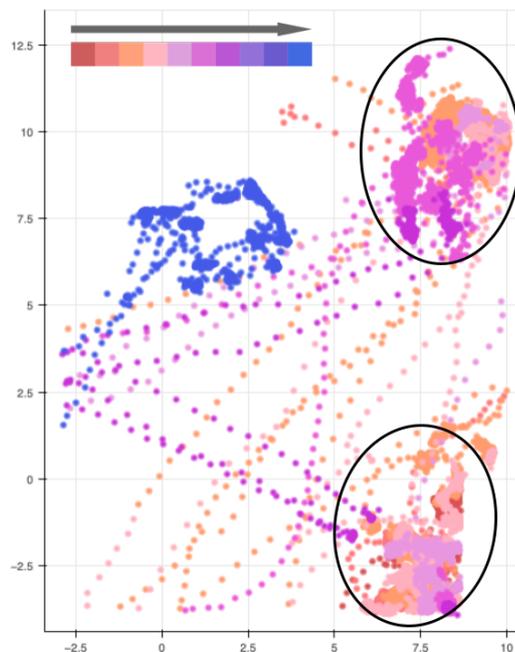


図4：大きなクラスタの歩行経路全体

このように、近接者を結ぶネットワークの可視化によって、近接状況や近接が起きている歩行経路の時間・場所の特徴を読み取ることができる。また近接している歩行者のみを可視化するため、データ中の重要な部分に絞って特徴的な経路を明瞭に可視化することに成功している。

#### 5 まとめと今後の課題

本報告では、感染防止策の有効性を高めるために人流の「接近状態」という特徴に着目し、近接状況および近接が発生している感染リスクの高い歩行経路を可視化する手法を提案した。

今後の課題は以下の通りである。

- より大規模な人流データでの実験
- 可視化画面の視認性向上
- 感染症対策を考案し、人流シミュレーションを用いてその評価を行う

#### 参考文献

[1] 大西, "AIが最適な避難誘導を実現する", 別冊ニュートロン ゼロからわかる人工知能仕事編[増補第2版], pp. 78-87, 2020.

[2] J. Wang, Z. Wood, M. Worboys, "Conflict in Pedestrian Networks", Geospatial Data in a Changing World, pp. 261-278, 2016.