

# 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

森越彩楓 (指導教員：伊藤貴之)

## 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研究では「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。そこで本研究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 [1] の研究があげられる。感染拡大前後の人流の様子を、計測されたそれぞれの歩行者の半径2メートルの範囲にいる人の数で比較・可視化を行うことで、混雑の様子を可視化している。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。さらに近接状態にもとづいた人流の可視化手法は少ない。

歩行経路を直接描くことで人流を可視化する手法は、従来から多数発表されている。例として Mc Ardle ら [2] は、時空間キューブ (STC) を用いることで歩行経路を3次元で表示し、時間情報・空間情報の両方を可視化できる手法を提案している。この手法によって歩行者の停止状態や歩行者間の関わりなどを読み取ることができるが、このような特徴を発見するためには多くの操作が必要である。また歩行経路の可視化において、歩行者が増えるにつれて経路が重なり視認性が下がるという問題がある。

そこで本手法では、近接が発生している歩行経路の時間・場所両方の特徴を3つの可視化手法を組み合わせることでこれらの課題に取り組む。

## 3 提案手法

本節では本研究で提案する可視化システムの処理手順を示す。3.1 節では使用する人流データの形式、3.2 節では近接状態にある歩行者の抽出、3.3 節では図1に示す可視化システムを構成する3つの可視化手法について説明する。

### 3.1 人流データについて

本研究で適用する人流データは、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、具体的には時刻、歩行者の識別子、歩行者の座標を記録している。同じ識別子をもつ歩行者の座標を時系列順に連結することで、各歩行者の経路を得ることができる。

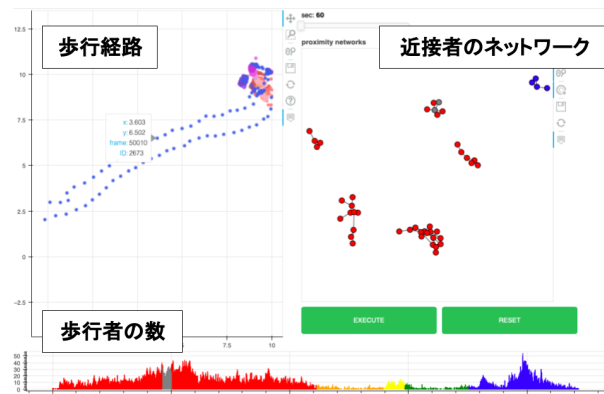


図1: 可視化システムの全体図

### 3.2 近接情報の検出

続いて本手法では、同じ時刻に出現している歩行者の座標から、一定以上の時間にわたり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「歩行者の距離がフィジカルディスタンスの推奨距離である2メートルより近い状態」と定義し、閾値を超える時間にわたって近接が続いている状態の発生を検出する。そして検出した歩行者ペアについて、識別子と、近接状態の継続時間を記録する。

### 3.3 人流データの可視化

得られた近接情報をもとに、以下の3つの可視化を実現する。

**View1:** 近接が起きた歩行者を結ぶネットワーク。

**View2:** 近接が起きている歩行者の歩行経路。

**View3:** 各時間の歩行者数を表す棒グラフ。

操作手順としては、まず [View1] を用いて詳細を調べる近接者群を特定し、続いて [View2] 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、そして [View3] から近接の発生と歩行者数の関係を読み取る。

[View1] 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。

[View1] でネットワーク中のノード群を選択すると、[View2] では該当する歩行者の経路および時刻を可視化、[View3] では該当する歩行者の歩行時間帯を可視化する。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。[View2] の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る。また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

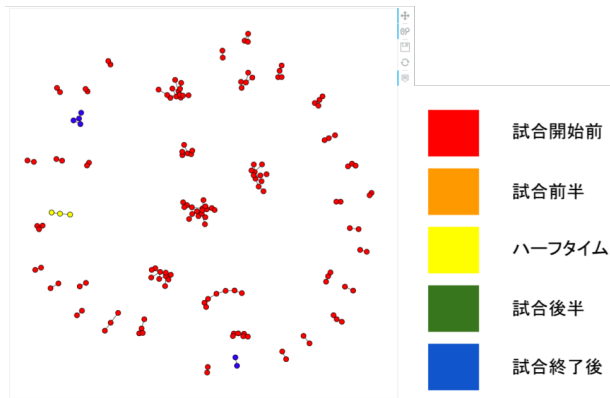


図 2: (左) 近接状況の可視化結果 (右) 時間と色の対応

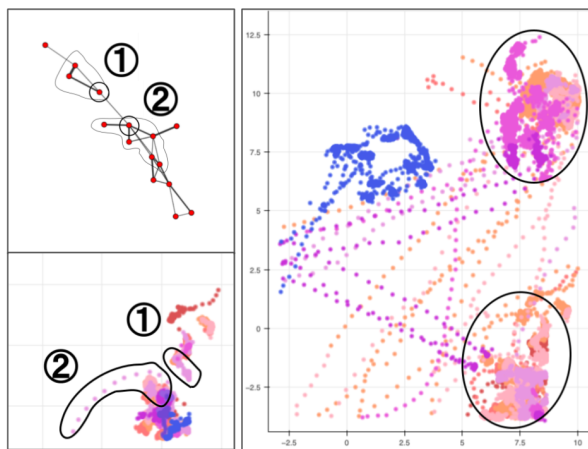


図 3: (左上) 特徴的なクラスタ (左下) その歩行経路 (右) 大きなクラスタの歩行経路

を重ねれば、詳細情報を表示できる。[View3]は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[View1]と同様の色を与える。さらに選択された歩行者の歩行時間帯の色を変えて表示することで、その時間帯がデータ全体の中でどの位置にあるかを読み取ることができる。

#### 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。計測時の会場では、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)。

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(左上)(左下)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、2人の接近で集団が繋がっていることが確認できる。

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3(右)。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。

#### 5 まとめと今後の課題

本研究では、感染防止策の有効性を高めるために人流の「近接状態」に着目し、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。この手法は、大規模な人流データから近接が発生している歩行者のみを対象とすることから、感染に直結する重要な歩行経路群に焦点を絞ってその特徴の発見を容易にする。

今後の課題として、①より大規模な人流データでの実験、②可視化画面の視認性向上、③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ことを考えている。

本研究の実行例ではサッカーの試合1回分、約6時間のデータを使用しているが、同じ場所で複数の日程にわたって計測した人流データを適用することで、例えば天候や曜日にもなう歩行経路の変化や、感染者数ごとの近接の発生状況の比較などが可能になると考えられる。また現状の実装では、近接者を連結したネットワーク全体を表示するには画面の大きさとの兼ね合いで限界があり、ズーム操作を繰り返しながらネットワークを観察する必要がある。初期表示状態からネットワークのある程度の概要を視認できるようにするために、ネットワークの画面配置や描画の手法を検討したい。さらに、提案手法によって可視化された結果から読み取れる感染リスクの高い歩行者の特徴をもとに、感染症対策を考案したい。さらに人流シミュレーションを用いて、考案した感染症対策の効果を実証したい。

#### 謝辞

人流データをご提供くださった国立研究開発法人産業技術総合研究所の関係者の皆様に感謝の意を表します。

#### 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] G. McArdle, U. Demšare, S. van der Spek, S. McLoone, “Classifying pedestrian movement behaviour from GPS trajectories using visualization and clustering”, *Annals of GIS*, Vol. 20, pp. 85-98, 2014.