

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 23 日現在

機関番号：33401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K21473

研究課題名(和文) 人流ビッグデータ解析による近接遭遇特性の解明とその近接情報サービスへの応用

研究課題名(英文) Understanding human proximity patterns by big data analysis and its application to proximity-based services

研究代表者

藤原 明広 (Fujihara, Akihiro)

福井工業大学・環境情報学部・准教授

研究者番号：70448687

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：人の移動に関するビッグデータを用いて人の近接遭遇の統計的性質を解析した。日本の主要都市圏における人の移動と近接遭遇の可視化を通じ、その空間特性を調査した。遅延耐性ネットワークのルーティング法である感染型ルーティングの数値シミュレーションも行った。一般に情報伝搬規模はロジスティック曲線に従う。通信距離を変化させた時、この曲線の変曲点位置の変化を調べた結果、移動ノード数と通信距離の関係性を解明した。また人の流れデータの作成方法を比較し、感染型ルーティングへの影響を調査した。その結果、代表点の過度な集中が情報伝搬規模を過大評価する問題を確認した。これらは近接情報サービスの性能評価に役立つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：Statistical properties of human proximity patterns have been analyzed using big data of human mobility patterns. Through visualizing these patterns in Japanese metropolitan areas, their spatial patterns have been investigated. Numerical simulations of epidemic routing, which is a routing method in delay tolerant networking have also been performed. In general, the temporal change of information spreading size obeys a logistic curve. By changing the communication distance, the inflection point of the curve is focused. As a result, a universal relation between the number of mobile nodes and the communication distance is found. Furthermore, methods for creating people flow data have been compared through the impacts on the performance of epidemic routing. A possibility of overestimating the performance by illusory and excessive aggregation of representative points is confirmed. These results are considered to be useful for evaluating proximity-based services.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：近接遭遇特性 ビッグデータ解析 遅延耐性ネットワーク モノのインターネット

1. 研究開始当初の背景

近年のスマートフォンの爆発的な普及に伴い、人が所持する携帯電話に近距離無線通信で自動的に情報配信を行う近接情報サービス(Proximity-based Service)が注目を集めている。位置情報サービスが GPS 等のセンサによる位置測位に基づいた情報配信を行うのに対し、近接情報サービスは近距離無線通信による場所や移動体(例えば、スマートフォンやビーコンタグ)への接近を検知して情報配信が行われるという特徴を持つ。具体的には Bluetooth Low Energy (BLE)を利用した省電力通信によって数十メートル範囲内に到達したスマートフォンに情報配信する iBeacon が挙げられる。このような情報配信サービスの性能は、人の移動の結果として生じる近接遭遇に大きく依存する為、その効果を定量的に評価する研究はあまり進んでいない。その理由の一つとして、正確な近接遭遇を分析する為のデータが不足していることが挙げられる。一方、近年のビッグデータ活用の流れから人の移動特性が明らかになってきている。しかし、携帯電話の通話履歴等のビッグデータの空間分解能は通信基地局間の距離のオーダー程度であったり、プライバシーの理由から正確な位置情報が公開されないことから、空間分解能が非常に粗い。近接遭遇は数~数十メートル程度の接近を判定する必要があるため、ビッグデータといえども、その分析は十分な空間分解能では行われていない。

2. 研究の目的

本研究では以下の項目(1)~(3)の研究を通じて、近接遭遇特性や近接情報サービスに関する基礎理論を研究する。

(1) 人流ビッグデータを用いた移動・近接遭遇特性の解明

人の移動データを時空間に対して高解像度化を行い、近接遭遇の統計的性質について解析する。高解像度データを用いて近接遭遇の時空間パターンについて調査する。

(2) 人流ビッグデータを用いた感染型情報伝播の性能評価

(1)で高解像度化した人流ビッグデータを用いて、遅延耐性ネットワークのルーティング法として知られている感染型ルーティングの数値シミュレーションを行う。日本の様々な都市圏のデータを用いることで、感染型情報伝播の性能に関する普遍的な特徴について調査する。また、人流ビッグデータの高解像度化の仕方をいくつか検討し、それぞれのデータで感染型ルーティングのシミュレーションを行った時に性能に与える影響についても調査する。

(3) 近接情報サービスとその他データを組み合わせた分析について

近接情報サービスの具体例として、人が移動する通路に BLE ビーコンを多数配置することで、情報配信や群集誘導を行うシステム

を研究してきた。このシステムをスマート・ストリートとして応用する技術について研究する。また、人流ビッグデータの評価を行う為に、Twitter の位置情報付きツイートや渋滞情報を使用できる可能性がある。これらのデータを組み合わせた分析手法についても研究する。

3. 研究の方法

(1) 人流ビッグデータを用いた移動・近接遭遇特性の解明

人流ビッグデータの空間分解能を高めることで、近接遭遇の統計的性質について解析する。人は最小エネルギー原理より、最短経路を移動すると仮定し、道路地図データを用いて出発地から目的地までの移動経路を補間することで、データの高解像度化を行う。高解像度データを用いて、近接遭遇の時空間パターンの統計的性質について解析する。

(2) 人流ビッグデータを用いた感染型情報伝播の性能評価

感染型ルーティングの数値シミュレーションでは、日本の様々な都市圏のデータを用いることで感染型情報伝播の普遍的な特徴について調べる。一般に情報伝播規模の時間変化はロジスティック曲線に従う。通信距離を変化させた時に、この曲線の変曲点位置の変化を調べる。また、人流ビッグデータの高解像度化の仕方として以下の三つの方法を検討する。移動の出発・到着の代表点の間を直線的に移動するように補間する(方法1)。移動の出発・到着の代表点を道路ネットワーク上に配置し、その間を最短経路で移動するように補間する(方法2)。移動の出発・到着の代表点を近くの道路ネットワーク上にランダムに分散させ、その間を最短経路で移動するように補間する(方法3)。それぞれのデータで感染型ルーティングのシミュレーションを行い、その結果が性能に与える影響についてロジスティック曲線にフィッティングすることで評価する。

(3) 近接情報サービスとその他データを組み合わせた分析手法について

近接情報サービスの具体例である誘導システムの性能評価実験を行う。誘導の位置と成功率を評価指標とすることで、両方のバランスが取れたビーコンの配置パターンを調べる。また、渋滞データから渋滞する時間や場所を自動検出する手法について検討する。位置情報付きツイートの配置パターンをネットワーク・モチーフを用いて分類する手法について調べる。

4. 研究成果

(1) 人流ビッグデータを用いた移動・近接遭遇特性の解明 [雑誌論文 ; 学会発表]

Orange 社から提供を受けた携帯電話の通話履歴に関するデータを調査することで、非遭遇持続時間や遭遇頻度の統計分布について

て調べた。その結果、これらに冪分布のような特徴があることが確認できた。これは先行研究である Bluetooth や Wi-Fi といった近距離無線通信をスキャンするライフログ実験の結果と矛盾しない。ビッグデータでも同じ特徴が観測されることから、統計分布に普遍的な性質があることが確認できた。また、降雨データと組み合わせることで、雨の時と晴れの時で人の移動パターンにどのような変化があるかについて、統計モデルによる分析を行った。その結果、雨の日の翌日に人の滞在時間が少なくなり、移動が起こりやすくなることが確認できた。福井県の都市計画課から福井のパーソントリップ調査データの提供を受けて、福井の人の移動データを作成した。許可を得て、研究目的に限りデータの公開も行った（〔その他〕のホームページ等を参照）。

（２）人流ビッグデータを用いた感染型情報伝播の性能評価 [雑誌論文] ; 学会発表

感染型ルーチングの数値シミュレーションを行った結果、移動ノード数と通信距離の間に都市圏に依存しない普遍的な関係性が成り立つことを確認した。このことから、一日で都市圏全体に感染型ルーチングで情報配信する為の必要条件が明らかになった。また、高解像度化の三つの方法を比較した結果、特に通信距離が短い場合に、代表点の過度な集中が原因で、感染型情報伝播の拡大速度を過大評価してしまう問題を確認した。このことにより、人流ビッグデータの生成法が実際の人の移動を再現できているか評価する方法を研究していく必要がある。

（３）近接情報サービスとその他データと組み合わせた分析について [雑誌論文] ; 学会発表

誘導システムを実験的に評価した結果、ビーコンを等間隔にしない場合でも誘導の位置を適切に調整し、かつ成功率を上げることは可能であることが分かった。このことより、端末がビーコンの位置と誘導の関係性を学習することができれば、自律的な誘導システムを構築可能であることが確認できた。また、Google マップの渋滞情報を用いて渋滞度の時系列パターン分析を行った。渋滞度のゆらぎは正規分布で十分説明可能であることが確認できた。異常検出の手法を用いることで、都市における日常と異なる異常な渋滞パターンを検出することが可能であることを確認した。タイのスーパーマーケットの位置情報付きチェックイン情報（ツイート）に着目し、人の移動によるチェックインパターンについてネットワーク・モチーフを用いた分類について研究を行った。属性毎に色を変えた色付きモチーフの概念を提案し、そのパターンが出現する頻度の統計的性質について調べた。その結果、可能なパターンの中でも、少数の特徴的なパターンに偏って観測される傾向があることを発見した。この結果は、

国際会議 (Asia-Pacific Econophysics Conference 2016) において Best Poster Award を受賞した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 7 件)

A. Fujihara and T. Yanagizawa, Proposing an extended iBeacon system for indoor route guidance, International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, IEEE, pp. 31-37, 2015.

A. Fujihara, Analyzing scale-free property on human serendipitous encounters using mobile phone data, The 13th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia, ACM, pp. 122-125, 2015

野際大介, 藤原明広, モビリティデータを用いた集積エリアに関する研究, 福井工業大学研究紀要, 45, pp. 248-256, 2015.

藤原明広, 擬似人流データを利用した感染型ルーチングにおける適正な通信距離の推定, IEICE Technical Report 115, 484, pp. 95-100, 2016.

A. Fujihara, Estimating proper communication distance for epidemic routing in Japanese urban areas using SNS-based people flow data, International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, IEEE, 22, pp. 1-8, 2016.

酒井勇輔, 藤原明広, 人の流れデータ生成法が感染型情報伝播に与える影響, IEICE Technical Report, 116, pp. 419-424, 2017.

□ ジナッタポーン・カムスリ, 藤原明広, 色付きネットワークモチーフを用いた空間パターン分析, IEICE Technical Report, 116, pp. 281-286, 2017.

〔学会発表〕(計 11 件)

A. Fujihara and T. Yanagizawa, Proposing an extended iBeacon system for indoor route guidance, International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, Taipei, Taiwan, 2015.

藤原明広, 近接情報サービスに関する研究, 人の流れ研究会, 京大学生産技術研究所, 2015.

藤原明広, 擬似人流データを利用した感染型ルーチングにおける適正な通信距離の推定, 電子情報通信学会情報ネットワーク研究会, 宮崎シーガイア 2016.

上嶋光優, 藤原明広, GUI 操作自動化ツールを用いた渋滞情報分析, 電子情報通信学会総合大会 シンポジウム, 複雑コミュニ

ケーションサイエンス・情報ネットワーク科学:学生・若手研究者特集ポスターセッション, 2016.

J. Khumsri and A. Fujihara, Finding hidden location patterns of two competitive supermarkets in Thailand, Asia-Pacific Econophysics Conference, the University of Tokyo, 2016.

A. Fujihara, Estimating proper communication distance for epidemic routing in Japanese urban areas using SNS-based people flow data, International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, Ostrava, Czech Republic, 2016.

藤原明広, 感染型ルーティングにおける適正な通信距離とスケリング関係式, CSIS DAYS 2016, 東京大学, 2016.

酒井勇輔, 藤原明広, 人の流れデータ生成法が感染型情報伝播に与える影響, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 沖縄残波岬ロイヤルホテル, 2017.

ジナッタポン・カムスリ, 藤原明広, 色付きネットワークモチーフを用いた空間パターン分析, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 沖縄残波岬ロイヤルホテル, 2017.

酒井勇輔, 藤原明広, 人の移動データの作成と可視化: 感染型情報伝播への影響, 電子情報通信学会総合大会, 名城大学, 2017.

藤原明広, 人の近接遭遇特性とその情報通信技術への応用, 電子情報通信学会総合大会(招待), 名城大学, 2017.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

・Fukui Mobility Visualization (作成した福井の人の流れデータやその可視化動画を研究代表者のウェブページにて行っている)

<https://sites.google.com/site/akihirofujihara/fukuimobilityvisualization>

・福井の人の移動パターン / 人の流れデータの可視化

https://www.youtube.com/watch?v=zv4g_b_Wk8c

・感染型情報伝搬シミュレーション(通信距離: 5m, 福井)

<https://www.youtube.com/watch?v=-jsgCmRf250>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤原 明広 (FUJIHARA AKIHIRO)

千葉工業大学・工学部・准教授

研究者番号: 70448687

(2) 研究分担者

なし (None)

研究者番号:

(3) 連携研究者

なし (None)

研究者番号:

(4) 研究協力者

巳波弘佳 (MIWA HIROYOSHI)

関西学院大学・理工学部・教授

研究者番号: 40351738

藤原直哉 (FUJIWARA NAOYA)

東京大学・産業技術研究所・特任講師

研究者番号: 00637449