

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 22 日現在

機関番号：12601
研究種目：若手研究(B)
研究期間：2014～2015
課題番号：26730113
研究課題名(和文) Next-Generation of Urban Emergency Management: When human mobility prediction meets Big Data
研究課題名(英文) Next-Generation of Urban Emergency Management: When human mobility prediction meets Big Data
研究代表者
宋 軒 (Song, Xuan)
東京大学・空間情報科学研究センター・特任准教授
研究者番号：20600737
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：近年、自然災害の頻度と被害の規模は拡大の傾向にあり、このトレンドは続くと考えられている。今後の災害への人道支援、交通、復興の効率的な計画のためには、群衆の避難行動のモデリングと予測は非常に重要となる。異種混在のビッグデータのマイニングにより、本プロジェクトでは都市規模の災害を対象に群衆の避難行動・移動を予測してシミュレートするいくつかのモデル、システムを開発した。加えて、本プロジェクトでは次世代都市危機管理システムのためのキーとなるモデルの開発を行った。

研究成果の概要(英文)：The frequency and intensity of natural disasters has significantly increased over the past decades and this trend is predicted to continue. To plan effective humanitarian relief, transportation scheduling, disaster management and long-term societal reconstruction, modeling and predicting human emergency behavior will play the most important role for the next-generation of urban emergency management. By mining big and heterogeneous data, this project developed several models and systems for predicting and simulating human emergency behavior and mobility following large-scale disasters at a citywide level. In addition, this project implemented the key modules for the next-generation of urban emergency management system.

研究分野：人間情報学

キーワード：Human Mobility Disaster Informatics Data Mining Big Data Application

1. 研究開始当初の背景

近年、自然災害の頻度と被害の規模は拡大の傾向にあり、このトレンドは続くと考えられている。それらの予せぬ都市災害に対して、都市の危機管理は世界中の政府にとって重要な課題となった。効果的な人道支援、交通スケジューリング、マネジメント、そして長期的な復興のためには、人々の緊急時の行動のモデリングと予測が次世代の都市の危機管理においてはもっとも重要な役割を持つ。既往研究では、大規模災害後の人の移動や行動についての基礎となる問題提起や仮説の提案がなされたものの、大規模で信頼性の高い人の移動データの整備・入手の難しさからそれらの裏付けをとることは難しいとされてきた。

しかし、近年、携帯電話のGPS、SNS、またICカードによる位置情報のデータの利用が活発となっている。それらの人の動きデータはビッグデータの一つであり、時空間的に高解像度なデータでありながら即時に利用可能で、インタビューバイアスも無く、大規模なデータ収集が可能である。そのため前述の人の動きについての研究の方法論的問題を解決することができる。一方、このデータのサイズと非均一なデータ・ソース、高次元性は統計処理・計算において、拡張性やデータ格納のボトルネック、ノイズ集積、虚偽の相関、付随的内生成、測定誤差など新たな課題を引き起こした。

2. 研究の目的

そこで、本研究の目的は人の動きを表すビッグデータを用いた群衆移動予測と緊急時の移動パターンを明らかにすることを中心とし、次世代の危機管理システムのキーモジュールの開発を目指す。我々が知りうる限り、本研究は短期(津波からの避難、東京での歩行による避難)・長期(福島からの避難)両方に対応した人々の緊急時の移動をビッグデータからモデリングする初めての取り組みである。

3. 研究の方法

本研究は主に4行程に分けられる：(1)データベース構築、(2)データマイニングと分析、(3)モデルトレーニング、(4)確率的推論。前半の2行程はすでに過去に行った研究を基にしており、後半の2行程が本研究で主に取り組んだ内容となる。本研究では、次世代の危機管理システムのキーモジュールとして、以下のモジュールを実装した。

群衆移動モデリング

群衆移動を理解しシミュレートするためには、簡潔なモデルで効率的に緊急時の人口の移動をモデリングする必要がある。第一に、都市における様々な地域同士の関係を表した人口の移動グラフを構築する。交通ネットワークを用いるのが一般的であるが、様々な緊急時では、公共交通機関の多くが利用不可能である場合が多い。そこで、本研究では過去の緊急時での群衆の移動データを基に協調フィルタリングを利用して移動グラフを構築した。

予測・推論モデル構築

緊急時の群衆移動を推論するために、群衆移動データを基にモデルトレーニングを行った。本研究ではMarkov Decision Process (MDPs)を利用した。人口の移動グラフは決定論的なMDPを導き出すため、都市における地域(ノード)は状態として、エッジは行動として、そしてノード間のパスは人々の移動として表すことができる。これらの人々の移動や行動はパスの特徴によってパラメータ化される。例えば、ある人の移動を地域A(dens = 0.37, type = residential)から地域B(dens = 0.58, type = commercial)、そして最終的に地域C(dens = 0.75, type = administrative)への移動であると定義し、ルート1 (freq = 0.37, time = 0.58) (A → B)、ルート2 (freq = 0.29, time = 0.62) (B → C)がそれぞれの地域を結ぶパスであると定義できる。ここでdensはその地域の人口密度、typeはその地域の種類(e.g. residential, commercial and etc.)、freqは移動の頻度、timeは移動時間であるとする。これらの群衆移動を最適にMDPsによってモデリングするためには、収集した群衆移動データを全て活用する必要がある。これはInverse Reinforcement Learning problemであり、本研究ではMaximum Entropy Inverse Reinforcement Learning アルゴリズムを用いて全体の推論モデルの学習を行った。

4. 研究成果

本研究の成果は以下のようにまとめられる：(1)大規模災害における群衆の緊急時の移動を都市規模にビッグデータによってモデリングする画期的な手法を提案した。(2)大規模災害における都市の群衆行動を確率的モデルとして自動的に学習するシステムを開発した。この学習されたモデルによって、地震によって影響を受けた複数の都市地域の人口の変動をシミュレートし予測することができた。(3)HMMを基にした群衆行動・移動モデルを開発した。このモデルは大規模災害において群衆の行動・移動を高精度に予測することができる。(4)スペクトルを基にした災害時の群衆行動の理解を行う手法を開発した。(5)リアルタイムに都市規模の群衆移動を予測する画期的な方法を提案した。(6)CityMomentumと呼ばれる画期的なモデルを提案し、predicting-by-clusteringなフレ

ームワークを基に短期の都市規模の群衆移動を予測することができた。(7) 深層学習のモデルの一つ Stack Denoise Autoencoder を用いた、群衆行動の階層的特徴量抽出の手法を提案した。このモデルによって都市における交通事故のリスクを効率的に予測することができ、リアルタイムな群衆行動のデータによって対応する交通事故の予測リスクを提供することができる。

これら研究成果は著名な計算機科学の論文誌、KDD 2014、UbiComp 2014・2015、AAAI 2014・2015・2016 に掲載された。UbiComp 2015 では honorable mention award を受賞した。特に、KDD 2014 で出版された、大規模災害時における群衆行動・移動の予測の研究は国連の Global Pulse、Discovery Channel、そして Fast Company magazine で掲載された。

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 10 件)

(1) X. Song, H. Kanasugi, R. Shibasaki, “DeepTransport: Prediction and Simulation of Human Mobility and Transportation Mode at a Citywide Level”, *Proc. of 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 2016.

(2) Z. Fan, A. Arai, X. Song, A. Witayangkurn, H. Kanasugi, R. Shibasaki, “A Collaborative Filtering Approach to Citywide Human Mobility Completion from Sparse Call Records”, *Proc. of 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI)*, 2016.

(3) Q. Chen, X. Song, H. Yamada, R. Shibasaki, “Learning Deep Representation from Big and Heterogeneous Data for Traffic Accident Inference”, *Proc. of 30th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, pp. 338-344, 2016.

(4) J. Dou, D.T Bui, A.P. Yunus, K. Jia, X. Song, I. Revhaug, H. Xia, Z. Zhu, “Optimization of Causative Factors for Landslide Susceptibility Evaluation using Remote Sensing and GIS data in parts of Niigata”, *PLOS ONE*, 2015.

(5) J. Dou, H Yamagishi, HR Pourghasemi, AP Yunus, X. Song, Y Xu, Z Zhu, “An integrated artificial neural network model for the landslide susceptibility assessment of Osado Island, Japan”, *Natural Hazards*, pp. 1-28, 2015.

(6) X. Song, Q. Zhang, Y. Sekimoto, R. Shibasaki, N. Yuan, X. Xie, “A Simulator of Human Emergency Mobility following Disasters:

Knowledge Transfer from Big Disaster Data”, *Proc. of Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, pp. 730-736, 2015.

(7) Z. Fan, X. Song, R. Shibasaki, R. Adachi, “CityMomentum: An Online Approach for Crowd Behavior Prediction at a Citywide Level”, *Proc. of ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp)*, pp. 559-569, 2015.

(8) X. Song, Q. Zhang, Y. Sekimoto, R. Shibasaki, “Prediction of Human Emergency Behavior and their Mobility following Large-scale Disaster”, *Proc. of 20th SIGKDD conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD 2014)*, pp. 5-14, 2014.

(9) Z. Fan, X. Song, R. Shibasaki, “CitySpectrum: A Non-negative Tensor Factorization Approach”, *Proc. of ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp)*, pp. 213-223, 2014.

(10) X. Song, Q. Zhang, Y. Sekimoto, R. Shibasaki, “Intelligent System for Urban Emergency Management During Large-scale Disaster”, *Proc. of Twenty-Eighth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*, pp. 458-464, 2014.

[学会発表] (計 6 件)

(1) Q. Chen, X. Song, H. Yamada, R. Shibasaki, “Learning Deep Representation from Big and Heterogeneous Data for Traffic Accident Inference”, *30th AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*.

(2) X. Song, Q. Zhang, Y. Sekimoto, R. Shibasaki, N. Yuan, X. Xie, “A Simulator of Human Emergency Mobility following Disasters: Knowledge Transfer from Big Disaster Data”, *Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI)*.

(3) Z. Fan, X. Song, R. Shibasaki, R. Adachi, “CityMomentum: An Online Approach for Crowd Behavior Prediction at a Citywide Level”, *ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp 2015)*.

(4) X. Song, Q. Zhang, Y. Sekimoto, R. Shibasaki, “Prediction of Human Emergency Behavior and their Mobility following Large-scale Disaster”, *20th SIGKDD conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD 2014)*.

(5) Z. Fan, X. Song, R. Shibasaki, “CitySpectrum:

A Non-negative Tensor Factorization Approach”,
*Proc. of ACM International Joint Conference on
Pervasive and Ubiquitous Computing (UbiComp
2014)*.

(6) X. Song, Q. Zhang, Y. Sekimoto, R. Shibasaki,
“Intelligent System for Urban Emergency
Management During Large-scale Disaster”,
*Twenty-Eighth AAAI Conference on Artificial
Intelligence (AAAI 2014)*.

〔図書〕（計 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 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 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

Website:

<http://shiba.iis.u-tokyo.ac.jp/song/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宋 軒 (Song, Xuan)
東京大学・空間情報科学研究センター・特任
准教授
研究者番号： 20600737

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：