

令和 2 年 6 月 7 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00117

研究課題名（和文）モデル駆動型行動複製による都市センシング

研究課題名（英文）Urban Sensing Based on Model-Driven Extensions to Crowd Replication

研究代表者

木實 新一（Konomi, Shin'ichi）

九州大学・基幹教育院・教授

研究者番号：70234804

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：モデル駆動型行動サンプリングツールの基礎的なデザインと改良を行い、鉄道駅周辺で取得したCrowd Replication Datasetを利用して性能の検証を行うとともに、商圈・駅勢圏スケールの行動データ分析における有用性を議論した。更に、省力かつ高精度のデータ取得が可能なアクティブラーニングに基づくデータ取得手法を提案し、実データを用いて有効性の検証を行った。ツールのユーザインタフェースについても検討を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国際的にも独自性の高い取り組みである行動複製型データ収集に関して、理論・実践の両面で有意義な研究成果が得られた。本研究成果は、商圈・駅勢圏スケールの広い空間において網羅的に偏りの少ないマイクロな行動データを取得する技術の発展に貢献するものであり、ひいてはデータに基づく新たな都市空間デザインの実践による空間の改善につながる可能性がある

研究成果の概要（英文）：The basic design and improvement of the model-driven behavior sampling tool was performed, and the performance was verified using the Crowd Replication Dataset acquired around the railway station. In addition, we proposed a data acquisition method based on active learning that enables labor-saving and highly accurate data acquisition, and verified its effectiveness using actual data. We also examined the user interface of the tool.

研究分野：ユビキタスコンピューティング、ラーニングアナリティクス、HCI

キーワード：ユビキタスコンピューティング 都市センシング 行動複製 モバイルセンシング クラウドセンシング
アーバンコンピューティング アクティブラーニング

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

都市センシング技術の発達により、CDR(Call Detail Record) 等を用いて都市における人々のマクロな行動データを取得したり、監視カメラ等のデバイスを設置した一部の空間でミクロな行動データを取得することが可能になりつつある。しかし、商圈・駅勢圏スケールの広い空間において網羅的に偏りの少ないミクロな行動データを取得することは未だ困難である。

2. 研究の目的

本研究は、センサを装備したボランティアが統計的なモデルに基づいて人々の行動を協調的に模倣することにより、広い空間において偏りの少ない詳細な行動データを取得することのできるセンシング技術を確立することが目的である。プライバシーに配慮した柔軟なデータ取得環境の実現を目指す。

3. 研究の方法

本研究計画では、センサを装備したボランティアが統計的なモデルに基づいて人々の行動を模倣することにより、広い空間で偏りの少ないミクロな行動データを取得することのできるセンシング技術を研究開発する。研究計画の進め方は以下の通りである：

- (1) 行動複製のためのモデルとサンプリング手法を開発する。
- (2) フィールド調査とシナリオに基づく実験を行い、データ処理方法を検討する。
- (3) 行動複製センシングの精度を高めるための改良を行う。
- (4) 実験を行いプライバシーリスクおよびデータ品質についての考察・モデルの改良を行う。

4. 研究成果

まず、行動複製のためのモデルとサンプリング手法を開発するために、事前知識とシミュレーションを用いて対象空間における群衆の行動のモデルを生成する手法と群衆行動のモデルに基づいて被複製者(サンプル)を選択するアルゴリズムの検討を行い、モデル駆動型サンプリングモジュールの開発環境整備を行った。当初の計画では、スマートフォンのみを用いてサンプリング手法の有効性の検証と微調整も行う予定であったが、スマートフォンとスマートアイグラスを連携させて行動複製を行うことにより、より詳細なデータのサンプリングが可能になると考えられたため、その点を考慮してツールの基礎的なデザインを行った(図1)(Konomi & Sasao, 2018)。

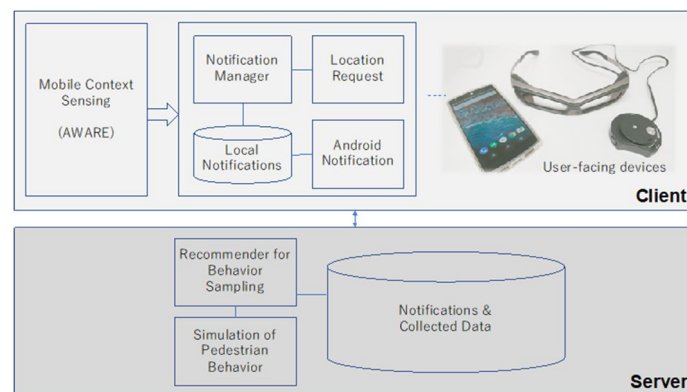


図1: モバイル行動サンプリングツールの構成

次に、行動複製センシングの精度を高めるための改良を行った。また、サンプリング手法の有効性検証と微調整のための取り組みを行った。行動センシングの精度改良法と冗長性に基づく手法を連携させることにより、より良い成果が得られると考えられたため、その点を考慮して行動複製センシングモジュールの検討を行った。行動複製タスクのデータとして、鉄道駅周辺

で取得したCrowd Replication Dataset (図2)を利用し、本研究におけるセンシング機能の性能検証を行うとともに、商圈・駅勢圏スケールの行動データ分析における有用性を議論した(Hemminki, Kuribayashi, Konomi, Nurmi & Tarkoma, 2019)。



図2: Crowd Replication Datasetの対象空間である鉄道駅周辺の地図(左)と、同空間の行動データの空間分布をデータ数が多いほど濃い赤で示したもの(右)

更に、行動複製タスクを用いたデータ取得技術の改良を継続し、省力かつ高精度のデータ取得が可能なアクティブラーニングに基づくデータ取得手法を提案した(Gao & Konomi, 2020)。アクティブラーニングは、機械学習においてデータセットのサンプルサイズや複雑度を抑制しながら、できるだけ少量のデータにより精度の良いデータ活用を行うための手法であるが、これを拡張してクラウドレプリケーション等のクラウドソーシングタスクにおいて少量データによる高精度データ活用を可能にするためのアルゴリズムを検討した。行動複製の距離が長くなれば匿名データの取得であってもプライバシー侵害の懸念が高まる可能性を考慮するとともに、実データを用いて実験的な検証を行い、人数比に基づく単純な手法(青)に比べ提案手法(赤)は少ないサンプル数で精度よいデータを取得できることを示した(図3)。

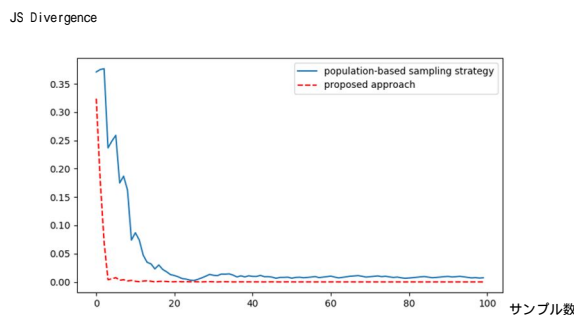


図3:人数比に基づく単純な手法(青)と提案手法(赤)の比較

また、既存のオープンソースソフトウェア(Brunette, Sudar, Sundt, Larson, Beorse & Anderson, 2017)と連携してこのアルゴリズムに基づくデータ収集を行うために、あわせてユーザインタフェースの検討を行った(図4)(Konomi, Gao & Mushi, 2020)。この手法は通信インフラを利用できない可能性がある環境(例えば、災害時や途上コミュニティなど)においても可能な範囲でデータを取得することができるため、様々な空間のデータ取得が可能になることから、本研究の成果の応用範囲を広げ、その社会的な価値を高めるものと考えている。このように、国際的に見ても独自性の高い取り組みである行動複製によるデータ収集に関して、理論・実践の両面で有意義な研究成果が得られた。

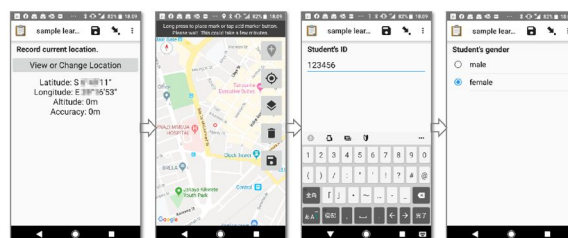


図4: データ取得用ユーザインタフェースの試作

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Samuli Hemminki, Keisuke Kuribayashi, Shin'ichi Konomi, Petteri Nurmi, Sasu Tarkoma	4. 巻 5(3)
2. 論文標題 Crowd Replication: Sensing-Assisted Quantification of Human Behavior in Public Spaces.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems	6. 最初と最後の頁 15:1-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） https://doi.org/10.1145/3317666	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Shin'ichi Konomi and Tomoyo Sasao	4. 巻 10922
2. 論文標題 Designing a Mobile Behavior Sampling Tool for Spatial Analytics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Distributed, Ambient, and Pervasive Interactions - Proc. DAPI 2018, Lecture Notes in Computer Science 10922, Springer.	6. 最初と最後の頁 92-100
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/978-3-319-91125-0	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Lulu Gao, Shin'ichi Konomi	4. 巻 12192
2. 論文標題 An Intelligent Platform for Offline Learners Based on Model-driven Crowdsensing over Intermittent Networks.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Cross-Cultural Design. Applications in Health, Learning, Communication, and Creativity - Proc. CCD 2020, Lecture Notes in Computer Science 12192, Springer.	6. 最初と最後の頁 印刷中
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件／うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Lulu Gao, Shin'ichi Konomi
2. 発表標題 Active Learning-based Crowd Replication
3. 学会等名 Proceedings of the 34th Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence 2020
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Norbert A. Streitz and Shin'ichi Konomi	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 482
3. 書名 Distributed, Ambient and Pervasive Interactions: Understanding Humans - Sixth International Conference, DAPI 2018, Held as Part of HCI International 2018	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	笹尾 知世 (Sasao Tomoyo) (60789733)	徳島大学・人と地域共創センター・助教 (16101)	
研究分担者	緒方 広明 (Ogata Hiroaki) (30274260)	京都大学・学術情報メディアセンター・教授 (14301)	