

審査の結果の要旨

氏名 范子沛

携帯端末から得られる大量に位置データを用いて、人々の移動・滞留行動を分析する研究が近年数多くなされている。その多くは通勤、ショッピングなど定期的、定常的に繰り返される行動を対象にしており、災害時の避難行動や公共交通の事故発生時における迂回行動、大規模イベントにおける参加者の行動など、非定常的な行動を対象にしたものはほとんどない。人々の移動行動情報の大きなユーザに交通事業者がいるが、定常的な旅客の行動等はおおむね把握しており、GPS 位置データ等からあえて情報を収集する必要性は高くない。その一方で、事故発生時など非定常時には人々の移動行動をいわゆる経験だけから予測することは困難であり、迅速な全体状況の把握や予測ができれば、非常に有益である。本研究はこうした非定常行動を対象に、携帯端末から得られる大量の位置データを利用して人々の流動の特徴を抽出し（プロファイリング）、予測し、シミュレートする一連の手法を開発することを目標としている。

本研究は全6章からなっている。第1章はイントロダクションであり、携帯端末等から得られる位置データの概要、非定常な「希な」イベントにおける人の流動状況について整理し、研究目標を、特徴分析（プロファイリング）、予測、シミュレーションの3つのステージに分けて定義している。

第2章は特徴分析（プロファイリング）である。具体的には人々の移動データを時空間の3次元グリッド（日・時刻・場所の3次元）で表現し、非負テンソル分解することで日、時刻、場所のそれぞれの軸から見た時空間変動パターンを抽出する手法を開発し、CitySpectrumと名付けた。これを東日本大震災を含んだ一年間の人々の位置データに適用し、大震災当日の行動の非定常性とそれがどの程度継続したのか等を場所ごとに定量的に明らかにすることに成功した。

第3章は予測である。非定常な人々の移動を直前の位置データから短期予測する手法を開発しCityMomentumと名付けた。直前の位置データだけを利用すると一般的には予測精度の向上は見込めないが、イベント参加行動や事故等による迂回行動では先に動く人々とそれに追従するように動く多数の人々が存在することに着目し、先に動いた人々をクラスタリングにより抽出しつつ、追従すると推定される人々の次の移動行動を予測するという方法である。これをコミックマーケットと呼ばれる大規模イベントに適用し、良好な結果を得た。しかし、この方法では比較的直前のデータしか利用

しないため、非定常であっても毎月、あるいは毎年繰り返されるイベント等の過去情報を利用できないという課題がある。

第4章では、CityMomentumの課題を解決するために、過去データを利用して深層学習手法により多数のモデルを構築しておき、予測当日のデータに対して過去のモデルの線形和をあてはめることで予測する方法を開発した (Deep Ensemble Learning method)。これにより例えば1年前に同様のイベントがあれば、その状況を考慮した予測ができる。この手法も同様にコミックマーケット・イベントに適用し、CitySpectrum手法よりさらに精度が改善できることを示した。

第5章はシミュレーションである。東日本大震災時に東京では多くの人々が徒歩で帰宅したが、たとえば同様の状況が大阪で発生したらどのようなことになるだろうか。従来のアプローチでは、勤務地と居住地を与えると利用可能性に応じて交通機関を選択し帰宅するエージェントモデルなどを東京のケースで構築し、大阪に適用すると言った方法が考えられる。しかし、そうしたモデルの構築は手間もかかり必ずしも容易ではない。そこで日常的な人の移動や滞留パターンの観点から東京と大阪の共通点を見だし、東京の時空間事象を大阪に対応づけるマッピング関数を推定することで、東京での「あの日」の人の動きを大阪で再現する (シミュレーションする) 方法を考案し、「CityCoupling」と名付けた。この方法を東京と大阪に適用し、元旦における人々の移動や滞留のパターンが類似しているなど合理的な結果が得られていることを確認し、東日本大震災のケースにも適用した。

以上をまとめると、携帯端末から得られる大量の位置データを利用し、人々の移動・滞留行動について、プロファイリング (特徴抽出)、予測、シミュレーションの各段階を対象としたデータ駆動型のユニークな手法群を提案したこと、また特に非定常的な状況における人々の移動・滞留状況を予測、シミュレーションできる汎用性の高い方法を提案したことが大きな成果である。本論文は科学的、社会的有用性に富む独創的な研究成果であり、空間情報工学の発展に資する研究と言える。よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格を認める。