



Title	Human Mobility Modeling and Predictive Analysis
Author(s)	Sodkomkham, Danaipat
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/55850
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (ソドコムカム ダナイパット)	
論文題名	Human Mobility Modeling and Predictive Analysis (人の移動モデルと予測分析)
論文内容の要旨 <p>In this research, we aim to advance in machine learning techniques that can help us gain a better understanding of human mobility. Human mobility has been studied broadly in the past few decades. Ranging from a higher level perspective, such as travel patterns, visitation patterns and predictive modeling, to a lower level, e.g. path finding mechanism, tasks prioritization and routing. A study conducted in this research has shown samples of tasks dependent mobility patterns inside an office environment and its potential predictability. The predictive models for both short-term prediction and long term prediction have also been developed and successfully tested on a real dataset. The results have given us more understanding of dynamicity and how the participants would utilize the space. Therefore there are potentials for spatially-related applications, such as users-based power management system and notifications of suspicious behaviors, to be built based on the proposed methods.</p> <p>Even though, the proposed probabilistic model for long term human mobility prediction was initially designed for discrete representation of positions (e.g. locations associated with sensor IDs), the approach can also be extended to support continuous representation (e.g. xy coordinates). The probability density and the likelihood of future visitations at any given point (x, y) of interest can be estimated using a nonparametric method called kernel density estimation or KDE. However, standard KDE is a costly operation and cannot scale well with the unbounded size of data streaming from sensors or mobility tracking system. Besides, existing online KDEs cannot handle multi-dimensional data streams very efficiently. Therefore, we proposed a kernel density compression algorithm that was designed for multivariate (and univariate) data streams for efficient density evaluation that can scale well to streaming sensor data. Since continuous tracking system was not implemented yet, we tested the proposed method with the problem of real time decoding of neural encoding/decoding. The developed online kernel density compression algorithms not only enables real-time encoding and decoding of neural activities but can also be generalized to estimate probability density function of any multivariate data streams without any modification. More specifically, the proposed online KDE technique can be applied to implement an online probabilistic model for long-term human mobility prediction and can be used to visualize dynamicity of space utilization in real-time to help us understand how the participants utilize different areas of the facility during the day.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (ソドコムカム ダナイバット)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	沼 尾 正 行
	副 査	教 授	森 田 浩
	副 査	教 授	藤 崎 泰 正
	副 査	准教授	福 井 健 一

論文審査の結果の要旨

昨今、Internet of Things (IoT) やユビキタスコンピューティングが発展・期待される中、生活環境中に設置されたセンサデータからの移動予測は、仕事環境の支援、介護支援、豊かな生活環境の構築に向けて重要な基盤技術である。従来は、カメラ映像を用いたりRFIDタグを携帯したりする必要がある、プライバシーの配慮に欠けていた。本論文では、赤外線センサなどの個人が特定されないセンサを基に、人の検出系列から移動予測モデルの構築と解析的な議論を行っている。ここでの問題は、センサから取得される情報からは個人が特定されない反面、複数人の行動が混在して得られるため、検出した系列をそのまま個人の移動予測に用いることは難しいことである。そこで本論文では、個人毎に移動速度が異なることに着目し、まず移動時間を考慮した頻出系列パターンマイニングにより、よく起こる移動パターンを抽出する。そして、頻出する移動パターンから次の移動先を予測する確率モデル（短期予測モデル）を提案している。また、24時間や1週間単位の比較的長期間先の予測では、定期的なミーティングなどの周期性や曜日による行動パターンの違いを組み込んだ長期予測モデルも提案している。

第3章では、個人が特定されない赤外線センサによる人の検出系列からの予測可能性に関して、情報量の観点で提案法の理論的解析を行っている。研究室内に設置した赤外線センサの検出系列から、短期予測、長期予測それぞれにおいて個人の移動予測がある程度可能であることを理論的に示した。短期予測モデルでは、頻出系列パターンを抽出する際の最小系列長について、予測精度と予測可能場所の数にトレードオフがあることを示した。一般に、最小系列長が長くなると、予測候補は絞られるため予測精度は向上するが、一方で該当する頻出系列パターンの数は減るため、予測できる場所（センサ位置）の数は減少する。また、長期予測モデルでは、ゼミ室のドアなどセンサの位置によっては、センサの検出時刻に周期性がみられ、周期性により予測が可能であることを示した。赤外線センサの検出系列に対してこのような解析を行った例は見当たらず、予測可能性の解析として価値が認められる。

第4章では、提案する短期および長期予測モデルについて、研究室に設置した赤外線センサのデータを用いて実験的に提案法の有効性を示している。短期予測モデルでは、移動時間の差を考慮することで従来法より予測精度が向上すること、ならびに各種パラメータと予測精度の関係を示している。また長期予測モデルでは周期性による予測に加えて、曜日による行動パターン違いなどをクラスタリングにより自動獲得することによって、周期性があまりみられない場所のセンサに対して長期予測の精度が向上することを示している。

第5章では、移動予測確率モデルに関して、カーネル密度推定的高速化法を提案している。カーネル密度推定に基づく予測モデルは、データ点数に対して計算量の問題がある。そこで、本章では類似するカーネル関数を逐次統合する方法を提案し、計算量と予測精度のバランスを取る方法を提案している。実験では、ネズミの脳内ニューロン発火系列から、ニューロン発火の特徴量とネズミの位置座標の同時分布をカーネル密度推定によりモデル化し、ネズミの次の移動位置の予測を行った。提案法は従来法の予測精度を大きく落とすことなく、大幅に高速化できることを示した。

以上より、本論文の成果は人の移動予測と機械学習の分野において情報科学技術の果たす役割の進展に大きく貢献するものである。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。