

Lab name (Supervisor)	Mathematical Informatics Laboratory (Kazushi Ikeda)		
Name (surname) (given name)	BRIONES Jeric Cruz	Date	2020/10/29
Title	Hierarchical Segmentation Approach to Detecting Switching Interaction using Bayesian Non-Parametrics		

Abstract

Two common topics in time series analysis are segmentation and interaction detection. On one hand, existing segmentation methods either estimate the dynamics of the time series, or extract its hierarchical structure, but usually not both. However, we are interested in a segmentation method that discovers both the dynamics and structure of the data. On the other hand, existing interaction detection methods generally assume that interaction information is time-invariant. However, we are interested in detecting interaction that changes over time, since dynamics of time series sequences may switch. While these two problems are seemingly unconnected, we want to use a segmentation approach for interaction detection.

In this thesis, the problem of segmentation and interaction detection was tackled, with the end goal of using the segments to detect interaction. For the first part, we segmented time series sequences from dynamical systems that have a hierarchical structure. To segment these time series sequences, we proposed a method combining the segmentation by beta process - autoregressive hidden Markov model and the double articulation by nested Pitman-Yor language model. For the second part, we detected switching interaction using the resulting autoregressive models by generating surrogates and performing non-parametric tests.

Based on experiments using synthetic toy datasets and real motion dataset, we demonstrated that the proposed method segments the time series in both low and high levels, with errors smaller than those of the existing double articulation analyzer. We were also able to extract the dynamics of the time series using autoregressive coefficients. Using the discovered dynamics, the proposed method also inferred interaction information with good specificity. These results then suggest that switching interaction could be detected using the proposed segmentation approach.

氏 名	Jeric Cruz Briones
-----	--------------------

(論文審査結果の要旨)

IoT時代になり、多くの時系列が入手できるようになった。しかしこのようなビッグデータは統制された実験データと異なり多くの情報が混在しているため、時系列を解析するには事前にセグメント化する必要がある。しかしセグメント化には時系列の特徴が必要であり、予め解析をしておく必要がある。そのため実際には、両者を並行して行う技術が必要である。

この問題をノンパラメトリックベイズ法の枠組みで解決したものが、Beta Process-Autoregressive-Hidden Markov Model (BP-AR-HMM) である。BP-AR-HMMはARモデルを切り替えることで時系列をセグメント化できるが、セグメント自体の時系列の性質を十分に表すことができなかった。

本論文はこの問題を解決するため、階層的なモデルを導入し、BP-AR-HMMによるセグメントに対してNested Pitman-Yor Language Model (NPYLM) を利用することでARモデルの推定とセグメント化を同時に実現する方法を提案した。提案手法を階層構造を持つ人工データおよび運動軌跡の公開データに適用したところ、従来法よりもすぐれた性能を示すことが確認された。

以上をまとめると、本論文はノンパラメトリックベイズ法に階層構造を導入することで新たな時系列セグメント化法を提案し、その有効性を確認したものであり、今後のビッグデータ解析に資すると考えられる。よって、博士(工学)の学位に値するものと認められる。