

令和 2 年 5 月 31 日現在

機関番号：14603

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18108

研究課題名（和文）不均一な時系列データセットからの相互作用パターン抽出およびその定量評価方法の開発

研究課題名（英文）Development of an extraction method of interaction patterns from heterogeneous time series datasets and its evaluation

研究代表者

久保 孝富（Kubo, Takatomi）

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・特任准教授

研究者番号：20631550

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、時間的に変化する未知の相互作用のパターンを複数の時系列データセットから自動検出し、かつ相互作用の定量的評価を可能とする手法の開発を目指した。ベータ過程自己回帰隠れマルコフモデルなどで基礎的なパターンを抽出し、その基礎的なパターンの組み合わせからなるより複雑なパターンをベイズ階層言語モデルなどで捉えることで、上述の手法を実現した。環境統制が困難な状況下で計測された時系列データに対しても相互作用パターンを抽出できるため、広く応用可能な手法であると言える。本内容は国際会議で発表を行い（Briones et al., 2018）、国際論文誌にも投稿済みで、現在査読中の状況である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、時間的に変化する未知の相互作用のパターンを複数の時系列データセットから自動検出し、かつ相互作用の定量的評価を可能とする手法の開発を行った。環境統制が困難な状況下で計測された時系列データに対しても相互作用パターンを抽出できるため、広く応用可能な手法であると言える。人と人の関わりをはじめ、動物間・非生物間までも含め、対象を問わずに相互作用分析への応用が可能である。幅広く、様々な科学的分析での応用が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this study, we developed a method that extract interaction patterns from heterogeneous time series datasets and an evaluation method for the interaction. In our method, we used Beta Process Auto-Regressive Hidden Markov Model to extract primitive patterns and NPYLM to identify complex patterns based on primitive one. Our method can extract interaction patterns from datasets recorded under the situation where controlling experimental conditions are difficult. We presented this study in several international workshops (Briones et al., 2018, etc.) and submitted a manuscript to an international journal.

研究分野：機械学習

キーワード：時系列分節化 相互作用 ノンパラメトリックベイズ法 階層構造

1. 研究開始当初の背景

本研究は時間的に変化する未知の相互作用のパターンを、複数の時系列データセットから自動的に抽出し、かつ相互作用の定量的評価を可能とする手法の開発を行ったものである。関連研究の多くでは時系列の分節化を行うことで、パターンの検出を行っているが、データに均一性を仮定したり、不均一性を扱えたとしても分節化に留まったり、あるいはブラックボックス的なモデルで解釈性が困難であったり、と様々な問題があった。例えば、古典的な隠れマルコフモデルの適用がなされた場合では、それは時系列データでパターン間の遷移が同一であることを仮定していることになる。図1のように得られた時系列間で遷移のパターンが異なる場合では、適さないと言える。近年注目されるディープラーニングについては、ブラックボックスとして考えられる。このように既存手法には改善の予知が残されていた。

一方で、様々な行動を反映した時系列データがこれまで扱われてきたが、自由行動下での計測においては時系列間で条件の相違が顕著である。例えば、図1の時系列1では赤の網掛けで示したパターンが現れていない。この例で示されたような不均一性がより強く現れた場合には、均一性を仮定したような手法は適さない。時系列データ間の不均一性を克服できる手法の開発が必要となる。

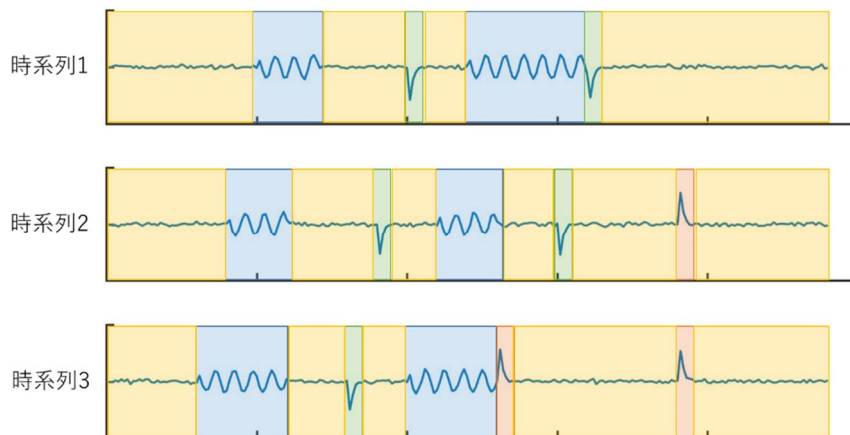


図 1. 複数時系列データからのパターン抽出のイメージ

また、この不均一性に付随していくつかの問題が生じる。その一つとして、パターンの種類の数か予め把握することが困難となることが挙げられる。図1では3個の時系列が観測され、それらの中に色分けで示された4種類のパターンが存在していることを示している。複数時系列データ中に何種類のパターンが存在しているのか、それぞれどのようなパターンなのかという情報を有せずに、それらを推定するのは容易ではない。本研究でも、このようなパターン数が未知である場合を対象として想定している。加えて、ヒトが直観的に捉えるパターン数に対して、自動推定されたパターンは過度に細かく時間区間を分割するような結果となってしまうことがあり得る。例えば、図1において、スパイク状のパターン(赤あるいは緑の網掛け部分)に対して、増大・減少という二相に分かれるような場合に、一つのパターンと捉えずに二つのパターンとして捉えてしまうような分割が生じる場合である。既存の手法では上述のような問題は解決できているとは言い難く、新たな手法の開発が必要であると考えられた。

2. 研究の目的

上述のような背景から、未知の相互作用のパターンを複数の時系列データセットから自動的に抽出する手法、および相互作用の定量的評価を可能とする手法の開発を本研究の目的とした。この目的を果たすために、本研究では、基礎的なパターンの組み合わせでより複雑なパターンが構成されるという階層性を仮定する。これは「研究開始当初の背景」で述べた過剰な分割が生じるような場合を考慮したものである。過剰な分割が生じたとして、それを基礎的なパターンとして、その組み合わせからなるより複雑なパターンへの統合を考えることで、過剰分割の問題が克服できると考えられた。このような階層性の仮定が、ヒトが認知する時系列パターンと合致するパターン抽出方法開発の上で有効か検証が必要であると考えられた。この時、複雑なパターンが再現性よく、複数回観測されていることが前提として必要である。

実際に上述した仮定が満たされる場合に、以下の「研究の方法」で提案する手法で複雑な相互作用パターンを抽出できるか検証することとした。また、実際に相互作用のパターンが抽出可能であれば、次のステップとしてそれらパターンに現れる相互作用の定量化を行うことを副次的な目的とした。

3. 研究の方法

本研究では上述のように(1) 相互作用のパターンを複数の時系列データセットから自動的に抽出する手法、(2) その相互作用の定量的評価を可能とする手法の開発を行ったものであり、それぞれについて順に述べる。(1) については、基礎的なパターンの検出処理部としてベータ過程自己回帰隠れマルコフモデル (Fox et al., 2009) を用い、それら基礎的なパターンの組み合わせからなる複雑なパターンを捉えられるようベイズ階層言語モデル (持橋他, 2009) を組み合わせて用いる手法を提案した。

ベータ過程自己回帰隠れマルコフモデルは、複数の時系列データがあるときに、これらの共通点・相違点を考慮してモデル化することができる。より具体的には、時系列に含まれる基礎的なパターンをモデルにおける離散的な「状態」として捉えるのだが、その状態として特定の時系列に固有なもの、他の時系列と共通なものを区別してモデル化することができる。また、この基礎パターンに相当する各状態には、それぞれの自己回帰モデルが割り当てられ、これによってパターンが表現される。このようにして得られた基礎的なパターンに対して、それらの組み合わせとして表現される複雑なパターンを探索するために、ベイズ階層言語モデルも併用した。本研究では、(1) 人工データ、(2) ヒトの解釈が一意に与えられるシンプルな相互作用パターンのデータ、(3) 複雑な相互作用パターンを示すデータ、と段階的に提案手法の有用性を検証してきた。(3) に相当するデータとして、ヒトによるカテゴリー分割との一致性を高められるのか、公開データに対して適用することで検証した。

(2) については、(1) のベータ過程自己回帰隠れマルコフモデルで得られた自己回帰係数行列をグレンジャー因果分析に用いることで相互作用パターンにおける有意性判定技術の開発を目指した。グレンジャー因果分析でも自己回帰モデルを利用しており、本手法と組み合わせるのに適していた。従来のグレンジャー因果分析では時系列において相互作用の仕方が定常的である場合を対象としており、我々の手法では(1) で得られたパターンの中で因果関係が変化している場合でも対応できるため、有意義な拡張であ

ると考えられる。

4. 研究成果

本研究では、上述のようにベータ過程自己回帰隠れマルコフモデルなどで基礎的なパターンを抽出し、その基礎的なパターンの組み合わせからなるより複雑なパターンをベイズ階層言語モデルなどで捉えるという 2 ステップのアプローチを用いた新たな手法を提案した。2018 年度はベータ過程自己回帰隠れマルコフモデルにベイズ階層言語モデルを併用した場合にヒトのカテゴリ分割と一致度は高まるのか、という検証に取り組んだ。2019 年度はその検証を継続するところから開始した。再現性のあるパターンの単位に対してヒトは特定のカテゴリと見なすであろうと考えられるが、その仮定が妥当であれば、提案手法による分節化との合致はある程度期待できるものだと期待していた。検証の結果として、本手法の有効性が確認されるとともに、手法のさらなる拡張についても実装することができたため、それらの内容を国際会議などで発表するとともに、学術雑誌へ投稿した。また、提案手法にさらに拡張することで相互作用パターンの定量的評価技術も開発した。この内容についても国際会議での発表を行った。現在学術雑誌への投稿を目指して、論文を執筆準備中である。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件）

1 . 発表者名 Takeshi D. Itoh, Takatomi Kubo, Kiyoka Ikeda, Yuki Maruno, Yoshiharu Ikutani, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda
2 . 発表標題 Towards generation of visual attention map for source code
3 . 学会等名 NeurIPS 2019 Workshop of Context and Compositionality in Biological and Artificial Neural Systems (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Takeshi D. Itoh, Takatomi Kubo, Kiyoka Ikeda, Yuki Maruno, Yoshiharu Ikutani, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda
2 . 発表標題 Towards generation of visual attention map for source code
3 . 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Jeric Briones, Takatomi Kubo, Kazushi Ikeda
2 . 発表標題 A segmentation-based approach for detecting switching interaction
3 . 学会等名 10th IBRO World Congress of Neuroscience (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Yoshiharu Ikutani, Takatomi Kubo, Satoshi Nishida, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda, Shinji Nishimoto
2 . 発表標題 Toward Identifying the Neural Basis of Programming Expertise: an fMRI Study with Expert Programmers
3 . 学会等名 APSIPA BioSiPS Workshop 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Marie Ohki, Takatomi Kubo, Yuki Maruno, Koichi Fujiwara, Toshitaka Yamakawa, Kazushi Ikeda
2. 発表標題 Evaluation of Emotional Impact of Lyrics and Singing Based on Heart Rate Variability
3. 学会等名 APSIPA BioSiPS Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi D. Itoh, Takatomi Kubo, Kiyoka Ikeda, Yuki Maruno, Yoshiharu Ikutani, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda
2. 発表標題 A Visual Attention Map for Gaze Behavior Analysis in Source Code Comprehension
3. 学会等名 APSIPA BioSiPS Workshop 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeshi D. Itoh, Takatomi Kubo, Kiyoka Ikeda, Yoshiharu Ikutani, Yuki Maruno, Hideaki Hata, Kenichi Matsumoto, Kazushi Ikeda
2. 発表標題 Contrasting Human and Machine Intelligence for Program Comprehension
3. 学会等名 脳と心のメカニズム 第20回冬のワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y. Ikutani, N. Koganti, H. Hata, T. Kubo, and K. Matsumoto
2. 発表標題 Toward Imitating Visual Attention of Experts in Software Development Tasks
3. 学会等名 6th International Workshop on Eye Movements in Programming (EMIP 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Briones, T. Kubo and K. Ikeda
2. 発表標題 Detecting switching causal interactions using hierarchical segmentation approach
3. 学会等名 NeurIPS 2018 Workshop on Causal Learning (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 J. Briones, T. Kubo and K. Ikeda
2. 発表標題 Detecting switching interaction using non-parametric Bayesian segmentation approach
3. 学会等名 NeurIPS 2018 Workshop on All of Bayesian Nonparametrics (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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