

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：32663

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2023

課題番号：19K20228

研究課題名（和文）マーク付き点過程データ解析手法の構築とその応用

研究課題名（英文）Marked point process data analysis and its applications

研究代表者

原口 佳織（黒田佳織）（HARAGUCHI, KAORI）

東洋大学・情報連携学術実業連携機構・客員研究員

研究者番号：70736397

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：システムから観測された連続時系列からネットワーク構造を推定するための様々な手法が提案されているが、観測時系列が連続時系列ではなくイベント時系列の場合、ネットワーク構造を推定する手法は限られており、特にマーク付き点過程時系列と呼ばれるイベント時刻とその付加情報からなる時系列の場合、ネットワーク構造を推定する有効な手法はいまだ確立されていない。そこで本研究では、マーク付き点過程時系列からネットワークの構造を推定する手法の開発・構築を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、マーク付き点過程間の距離指標を提案し、さらにこの距離指標を用いてマーク付き点過程データからネットワーク構造を推定する手法の開発に取り組んだ。マーク付き点過程時系列の解析手法はこれまであまり提案されていないことから、本研究成果は様々な分野で観測されるマーク付き点過程時系列の新たな解析手法としての応用が期待される。また、従来の連続時系列として解析する手法では見つけることができなかった新たな知見が得られることが期待される。

研究成果の概要（英文）：Several methodologies have been proposed for estimating network structures from continuous time series observed by systems. However, when the observed time series is not continuous but event-based, there are not many available methods for estimating network structures. Especially concerning marked point process data, effective methodologies for estimating network structures have not yet been established. Hence, in this study, we proposed a method for estimating the network structure from marked point process data.

研究分野：時系列解析

キーワード：多変量解析 ネットワーク構造 マーク付き点過程

1. 研究開始当初の背景

システムのダイナミクスの解明や予測のためには、ネットワーク構造を理解することが重要である。従来では、システムから観測される多変量時系列が連続的である場合に対してネットワーク構造を推定する研究が行われてきた。しかし、観測される時系列は連続時系列だけでなく、離散的な点過程時系列の場合がある。点過程時系列とは、イベント発生時刻を記録した時系列のことであり、ニューラルシステムでは神経の発火時系列、経済システムでは為替や株式などの取引時系列、コンピュータシステムではパケットデータなどが例として挙げられ、様々な分野で観測される。点過程時系列は大きく分けて二種類あり、一つが単純点過程時系列と呼ばれるもので、イベントの発生時刻のみを記録したものである。もう一方が、マーク付き点過程時系列と呼ばれるもので、イベントの発生時刻だけでなく、各イベントに付加情報を持つ時系列である(図1)。マーク付き点過程時系列はイベント時刻の情報のみである単純点過程時系列よりも情報量が多いことから、単純点過程時系列として扱うよりもマーク付き点過程時系列として扱う方がより正確に解析ができると考えられる。したがって、マーク付き点過程時系列の解析手法を開発することは重要な課題である。本研究では、マーク付き点過程時系列を対象とし、マーク付き点過程時系列からネットワーク構造を推定する手法を開発する。

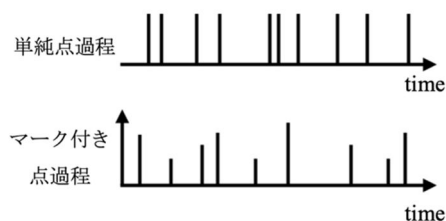


図1: 点過程時系列の分類

2. 研究の目的

本研究では、新たなマーク付き点過程時系列の解析手法を構築するために、マーク付き点過程時系列間の距離指標の開発、および、距離指標を用いたマーク付き点過程時系列からネットワーク構造を推定する手法の開発を目的とする。

3. 研究の方法

マーク付き点過程時系列からネットワーク構造を推定するために、本研究ではマーク付き点過程時系列間の距離関係に着目する。マーク付き点過程時系列間の距離情報を元に、要素間の因果関係を推定できると考えられる。しかし、マーク付き点過程時系列間の距離指標はいまだ開発されていないため、まずはマーク付き点過程時系列間の距離を求める指標の開発を行い、それを応用してマーク付き点過程時系列からネットワーク構造を推定する手法の開発をおこなう。

(1) マーク付き点過程時系列間の距離指標の開発

SPIKE-distance と呼ばれるノンパラメトリックなスパイク列間の距離を求める指標が提案されている。スパイク列はイベント時刻の情報のみをもつ単純点過程時系列の一つである。本研究では、SPIKE-distance の指標を拡張し、イベント時刻だけでなく各イベントの付加情報も考慮したマーク付き点過程時系列間の距離を求める指標を開発する。

(2) マーク付き点過程時系列からのネットワーク構造推定手法の構築

(1)で開発したマーク付き点過程時系列間の距離指標を用いて、マーク付き点過程時系列からネットワーク構造を推定する手法を開発する。マーク付き点過程時系列間の距離情報のみでは共通入力などの影響により擬似的な相関が生まれるため正しくネットワーク構造を推定することはできない。そのため、偏解析を用いてネットワーク構造を推定する。また、開発した手法の有効性を数値実験にて確認する必要がある。本研究では、数理モデルを用意し、観測された連続時系列の極大値のみをデータとして取り出し、イベント時刻とその付加情報とすることで擬似的なマーク付き点過程時系列を生成し、元のネットワーク構造を正しく推定できているかを確認した。

4. 研究成果

(1) マーク付き点過程時系列間の距離指標の開発

これまでに我々は単純点過程時系列間の距離情報を用いてネットワーク構造を推定する手

法を提案している。マーク付き点過程時系列を対象としても、この手法を応用できるように、マーク付き点過程時系列間の距離を求める必要がある。単純点過程時系列の場合であれば、SPIKE-distanceと呼ばれるノンパラメトリックなスパイク列間の距離指標が提案されている。そのため本研究では、この単純点過程時系列間の距離を求める指標をマーク付き点過程時系列へ適用できるように手法を拡張することにより、マーク付き点過程時系列間の距離を求める指標を開発した。図2は2つのマーク付き点過程時系列の各時刻における局所的な距離を求めた例である。イベント時刻とその付加情報の値が近い値であれば局所的な距離の値が小さく、そうでなければ大きくなっているのがわかる。本研究では、提案した距離指標をネットワーク構造の推定に用いるが、他の応用として、距離情報を用いた代表的な時系列解析手法であるリカレンスプロットを適用することで、観測されるマーク付き点過程時系列の特徴の視覚化やダイナミクスの解析など様々な応用ができることが期待できる。

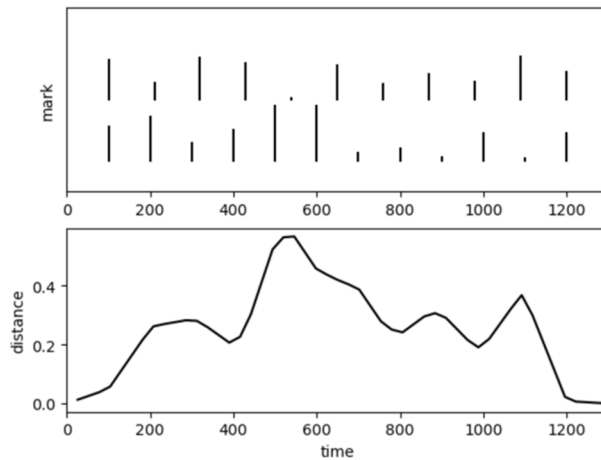


図2：2つのマーク付き点過程時系列(上図)と提案指標により求められた各時刻における局所的なマーク付き点過程間の距離(下図)

(2) マーク付き点過程時系列からのネットワーク構造推定手法の構築

開発したマーク付き点過程時系列間の距離指標を応用し、マーク付き点過程時系列からネットワーク構造を推定する手法の開発をおこなった。擬似相関の影響を取り除くため、偏解析を適用することで、マーク付き点過程時系列からネットワーク構造を推定した。具体的には、全てのマーク付き点過程時系列間の距離を提案した指標を用いて算出し、その距離情報に対してpartial directed coherenceを用いた因果性の解析をおこなった。数値実験により、擬似的なマーク付き点過程時系列を生成し、提案手法の有効性の確認をおこなったところ、ネットワーク構造をうまく推定できることを確認した。また、実データへの応用として、マーク付き点過程時系列である外国為替取引データに対して提案手法を適用し、解析をおこなったが、新たな知見を得るには至らなかった。したがって、今後の課題として取り組むこととしたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔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
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------