

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	人工ネットワークを用いた部分観測下におけるネットワーク構造の推定
Title(English)	
著者(和文)	小松三佐子
Author(English)	Misako Komatsu
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9418号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:中村 清彦,樺島 祥介,渡邊 澄夫,青西 亨,豊泉 太郎
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9418号, Conferred date:2014/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	知能システム科学	専攻
Department of		
学生氏名:	小松三佐子	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野):	博士 (理学)
Academic Degree Requested	Doctor of
指導教員 (主):	教授 中村清彦
Academic Advisor(main)	
指導教員 (副):	
Academic Advisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、「人工ネットワークを用いた部分観測下におけるネットワーク構造の推定」と題し、全4章から構成されている。多点同時計測された脳信号間の関係性を議論するためには、それらの信号が脳内ネットワークの中でどのような役割を担っているか、すなわち計測された信号の部分観測性を考慮した上での議論が必須である。本論文では、人工ニューラルネットワークの時系列学習を通して、計測した信号から非観測因子の影響も含めたネットワークの構造を推定する手法を提案している。さらに、その手法を実際の脳信号に適用し、推定されたネットワーク構造の神経科学的妥当性を検証したものであり、既存の多点同時計測信号の解析に新しい視点を提起している。

第1章「序論」では、本研究の背景となる多点同時計測された脳信号間の関係性の推定に関わる研究について概観した上で、従来の手法では観測していない因子からの影響が考慮されていないという問題点を述べ、部分観測性を考慮した上で信号間の関係性を議論する必要性を指摘している。また、部分観測性を考慮した巨視的な神経回路のモデルとして、実数値要素を持つリカレントネットワークが適することを説明している。

第2章「ネットワークモデル」では、人工ネットワークモデルの導入を行っている。本論文で提案する手法では、リカレントネットワークモデルを用い、計測した信号を教示データとした時系列学習を通して、信号の背景にあるネットワーク構造を推定する。まず、我々が神経回路をどのようなモデルとしてとらえているか説明し、次に、ネットワークの一部のみから得た観測データを用いてネットワーク全体のパラメータを推定するリカレントネットワークモデルとして、部分観測ネットワークを導入している。部分観測ネットワークでは、時系列データが得られているユニットを可観測ユニット、観測していないユニットを非観測ユニットと定義している。最後に、観測データから可観測ユニットおよび非観測ユニットを含むネットワーク全体を推定する具体的な手法として、本研究で採用した時系列学習のアルゴリズムについて説明している。

第3章「ネットワーク構造の推定」では、提案するネットワーク推定手法を実際の脳信号に適用した結果を示している。はじめに、教示データとして用いた脳信号である皮質脳波およびネットワーク推定に用いたパラメータについて説明し、続いて推定結果として、まず、可観測ユニットのみに着目した皮質脳波間の機能結合、続いてネットワーク全体の構造について解析した結果を示している。皮質脳波間の機能結合についての解析では、まず、部分観測ネットワークを用いて皮質脳波が学習できることを示している。次に、既存の生理学的知見と比較可能な脳信号間の機能結合、すなわち可観測ユニット間の結合強度に焦点をあてて解析を行い、提案するネットワークの推定手法が生理学的に妥当な結果を得ることを示している。ネットワーク構造についての解析では、非観測ユニットを含めたネットワーク全体の構造について解析した結果を示している。まず、推定したネットワーク構造の、教示データやランダムシードに対する頑健性について評価を行っている。その結果として、異なる教示データやランダムシードを用いても同様のネットワーク構造が推定されたことを示し、推定された構造は記録した信号の背後に存在する安定的な構造を反映していると議論している。ここではさらに、推定されたネットワーク構造の機能的な意味について考察を行っている。すなわち、二個体のデータから推定された構造に共通した特徴がみられることを示し、その特徴が、興奮性と抑制性の神経集団の相互作用により脳の周期活動が実現されるという、皮質の局所回路モデルと類似していると指摘している。また、可観測ユニットおよび非観測ユニットがそれぞれ興奮性および抑制性の集団に分化したことは、推定に使用した脳信号が興奮性の神経活動を反映したものである可能性があり、そのことは、皮質表面から記録した脳波が主に興奮性の細胞である錐体細胞の活動を反映したものであるという従来の神経科学的知見と一致すると議論している。そして、非観測ユニットは皮質脳波では記録が難しい抑制性の神経細胞の活動を補完している可能性があるかと結んでいる。

第4章「結論」では、本研究を総括し、今後の研究の展望について述べている。

以上を要するに本論文は、多点同時計測された脳信号の背景にある脳内ネットワークを推定するために、非観測因子の影響を考慮した人工ネットワークモデルを提案し、実際の神経活動を用いたネットワークの推定を行った上、神経科学的妥当性の検証にまで及んだもので、既存の多点同時計測信号の解析に新しい視点を提起しているものである。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	知能システム科学	専攻
Department of		
学生氏名:	小松三佐子	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野):	博士	(理学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主):	教授 中村清彦	
Academic Advisor(main)		
指導教員 (副):		
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The paper, “Estimation of the Network Structure Underling Partially Observed Signals Using an Artificial Network Model”, consists of four chapters.

In Chapter 1, we explain a background and a goal of the study. Many methods have been proposed to quantify the interaction of neuronal signals. These methods were developed to evaluate the interaction among recorded signals in an isolated network. However, in order to obtain a more complete picture of information processing in the brain, we need to consider the influence from unobserved part of the network. In this paper, we present a novel approach for estimating interactions between observed neuronal signals by theorizing that those signals are observed from only a part of the network that also includes unobserved structures.

In Chapter 2, we propose a variant of the recurrent network model that consists of both observable and unobservable units. The observable units represent recorded neuronal activity, and the unobservable units are introduced to represent activity from unobserved structures in the network. The network structures are characterized by connective weights, i.e., the interaction intensities between individual units, which are estimated from recorded signals.

In Chapter 3, we show results of application of this model to multi-channel brain signals recorded from monkeys. Estimated network structures were robust and physiologically relevant. Furthermore, the network exhibited common features that portrayed cortical dynamics as inversely correlated interactions between excitatory and inhibitory populations of neurons, which are consistent with the previous view of cortical local circuits. Our results suggest that the novel concept of incorporating an unobserved structure into network estimations has theoretical advantages and could provide insights into brain dynamics beyond what can be directly observed.

In Chapter 4, we summarize the paper and discuss about future plans.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).