

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)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名		小松三佐子	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	中村清彦	教授	審査員	豊泉太郎	連携准教授
	審査員	樺島祥介	教授			
		渡邊澄夫	教授			
		青西亨	准教授			

### 論文審査の要旨 (2000字程度)

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。

近年、脳からの信号を多点同時計測する技術が開発され、得られたデータから脳内に存在するネットワーク構造を推定する研究がなされている。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、実数値変数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している。まず、著者らが神経回路をどのようなモデルとしてとらえているかを説明し、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は、出力の時系列データが得られている可観測ユニットとデータが得られていない非観測ユニットとから成る。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多チャンネル皮質脳波データ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ている。次に、多チャンネルで計測した皮質脳波をネットワークの可観測ユニットの出力とみなしてネットワーク構造を推定している。第1の推定結果として、提案した部分観測ネットワークを用いて皮質脳波間の機能結合が学習できることを示している。次に、学習された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。さらに、第2の推定結果として、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可能性を示唆している。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、推定に使用した脳波信号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の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、実際の神経活動データを用いたネットワークの推定を行って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おり、理学的に貢献するところが大きい。よって、本論文は博士（理学）の学位論文として十分に価値があるものと認められる。