

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	HOANG Thien Huu (ほあん ていえん ふー)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 1067 号
○授与年月日	2015 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	<b>Segmental Bayesian estimation of model parameters from neuronal spike train data</b> (分割型ベイズ法による神経スパイクデータからの係数推定)
○審査委員	(主査) 徳田 功 (立命館大学理工学部教授) 宮野 尚哉 (立命館大学理工学部教授) 鳥山 寿之 (立命館大学理工学部教授) 北野 勝則 (立命館大学情報理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

多電極計測によって記録されたスパイクデータから実験において計測不可能なパラメータを逆推定する問題に取り組んだ論文である。脳神経科学において逆問題を解く際には、実験系に対して計算論的モデルが仮定されるが、実際のシステムの持つ複雑性とモデルの持つ複雑性の間の乖離などの設定不良性が困難の原因となる。脳神経系は非常に高次元でノイズを含んだ電気活動を示すため、それらを詳細にモデル化することは通常困難であり、この意味で生じるモデル誤差は避けることができない。複雑性の異なるシステム間で行われるパラメータ推定では、データとパラメータの間の一対一の対応関係が崩れてしまうため、多数の局所解の中から、確率論的な探索手法に基づいて、最も尤度の高いパラメータ値を選ぶ必要が出てくる。本学位論文では、ベイズ推定の枠組みに基づいてこの困難を克服する方法が提案されている。提案手法では、実験で計測されたスパイクデータは短時間間隔のセグメントに分割され、セグメントごとに、パラメータ推定が行われる。ただし、セグメントごとに見られるパラメータ値の揺らぎは、各神経細胞固有の値周辺に分布するという拘束条件が設定される。このように、セグメント毎にパラメータを推定することで、探索空間を緩和し、モデル誤差を抑えることができ、結果として、推定精度の向上が期待できる。シミュレーションデータおよび実験データに対して提案手法を適用したところ、通常のベイズ推定法や、最小二乗誤差法などの従来法を大きく上回る結果が得られた。こ

これらの結果より、分割型ベイズ法は複雑な動的特性を示す脳神経系のスパイク時系列から、モデルパラメータを推定する手法として、有力な方法論を与えるものと結論されている。

#### <論文審査の結果の要旨>

博士論文では、小脳の下オリーブ核のネットワークにおける二種類のコンダクタンス値を推定する問題に対して提案手法を適用し、実験条件で施された薬理的な作用を反映させた妥当な推定結果が得られることが示されている。小脳の運動学習で誤差信号伝搬の役割を担う下オリーブ核において、そのコンダクタンス値を推定することは、誤差伝搬の精度を議論する上で非常に重要であり、この分野で重要な知見をもたらすものと考えられる。

さらに、計測データと数理モデルの間の複雑性に乖離の存在する問題や、非定常性の存在する問題を想定しているため、小脳以外の脳神経系の多様な部位におけるパラメータ推定や、非定常性を有する工学プラントのモニタリングなどにも応用可能であり、今後の展開が期待できる。一般に定常性を前提に行う時系列では、非定常性があるデータの解析には困難が伴うが、セグメントに分割して、再統合するアイデアは理にかなった方法といえる。

本論文の審査に関して、2015年7月30日（木）10時00分～11時00分イーストウイング1階メディアラボ2において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 HOANG Thien Huu に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、セグメント長の適切な決定法、他の実験データへの適用可能性、シナプス強度の時間変動の推定結果に与える影響、実験データの動物個体への依存性、数理モデルの三次元格子状ネットワークへの拡張可能性などに関する質問がなされたが、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであり、申請者の研究課題に対する理解の深さと洞察力が確認された。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第18条第1項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。