

Title	神経細胞の不規則な発火活動に関する拡散過程モデルの研究
Author(s)	井上, 淳子
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39182
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	井上淳子
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 11915 号
学位授与年月日	平成 7 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	神経細胞の不規則な発火活動に関する拡散過程モデルの研究
論文審査委員	(主査) 教授 佐藤 俊輔 (副査) 教授 葛西 道生 教授 福島 邦彦 教授 福島 正俊

論文内容の要旨

本論文は、神経細胞の不規則な発火活動に関する拡散過程モデルの研究についてまとめたものであり、以下の 7 章からなる。

第一章では神経細胞の自発興奮とその拡散過程モデルについて概説し、本論文の位置づけおよび目的について述べた。第二章では、神経細胞の特性に関して議論の土台となる事柄についてまとめた。第三章では、最も単純な拡散過程モデルである Wiener 過程モデルと膜電位の静止膜電位への減衰を考慮にいた Ornstein-Uhlenbeck (OU) 過程モデルをそれぞれ対応する不連続マルコフ過程モデルの拡散近似として導出した。

第四章では、時間的に一様な拡散過程の一定閾値への初通過時間問題へのアプローチの仕方について述べた。また、逆ガウス分布の密度関数を重み関数とする正規直交多項式を求め、確率密度関数の逆ガウス密度関数による直交展開を提案した。

第五章では、中枢神経系単一神経細胞の単純でかつ妥当なモデルであり、また、多数の単一神経細胞モデルの基礎として使われている OU 過程モデルを解析し、パラメータ推定など実験データの定量的な解析法を提案した。従来、拡散過程にモデルに付随する初通過時間問題を解くことが困難なために、これらのモデルに基づく実験データの解析は行うことができなかったが、この手法により、実験で容易に計測できる神経細胞の発火インパルス列から、一般には計測不可能な細胞への入力過程を特徴づけるパラメータ、すなわち、単位時間当たりの平均入力強度とその分散を推定することができた。

第六章では、逆転電位を考慮したモデルとして、反射壁をもつ OU 過程モデルを提案し、モデル神経細胞の振舞いが、従来の OU 過程モデルとの相違について解析した。また、反射壁をもつ OU 過程の一定閾値への初通過時間のモーメント公式を導いた。

第七章では、本研究で得られた結果をまとめた。

論文審査の結果の要旨

神経細胞間の発火インパルス列の伝達は、神経系における情報通信の基本的な道具である。中枢神経系単一神経細胞

胞の細胞外電極を用いて計測された発火インパルス列についての拡散過程モデルは、神経細胞の確率モデルのなかで中心的な役割を果たしてきた。この種のモデルでは、神経細胞の不規則な発火間隔は、過程（膜電位）の初期値（静止膜電位）から境界（発火閾値）への初通過時間であると見なされる。従来から種々の拡散過程モデルが提案されてきたが、理論発火間隔である初通過時間の分布を求めることが困難なためにこれらを用いた実験データの解析はなされなかった。

本研究では、拡散過程の一種である Ornstein-Uhlenbeck (OU) 過程モデルに基づいて生理学実験で得られたデータの解析について検討した。すなわち、膜電位を OU 過程とみなした。まず、OU 過程の初通過時間の 4 次までのモーメントを計算し、初通過時間分布が Pearson プロットで占める領域を求めた。この領域は生データのそれとよく似ており、発火間隔を OU 過程の初通過時間でモデル化することの妥当性が示された。次に、発火間隔実験データの 1, 2 次モーメントから OU 過程を規定するパラメータ推定法を提案した。この手法により、実験データから、一般には計測不可能な細胞への入力過程を特徴づけるパラメータ、すなわち、単位時間当たりの平均入力強度とその分散を推定できることを示した。また発火インパルス列の平均と分散（あるいは CV）を使ってこれらのパラメータ推定が簡単に行えるように、詳細なテーブルを提供した。生体内で自発興奮する神経細胞への単位時間当たりの入力を推定することは神経生理学において興味深い問題であるが、この手法はこの問題の OU 過程モデルに基づく解を与えるものである。さらに、逆転電位を考慮した単純なモデルとして、膜電位の反射壁をもつ OU 過程とみなすモデルを提案した。反射壁をもつ OU 過程の一定閾値への初通過時間のモーメント公式を導き、モデル神経細胞の振舞いの従来の OU モデルとの相違を解析した。

要するに、本論文は単一神経細胞の自発興奮の OU モデルについて、理論的に興味ある新しい事実を示したのみならず、実験データの解析を容易にする方法を提供したもので、この分野では高く評価される。よって学位論文として価値あるものと認められる。