

Title	一次元写像モデルによる神経興奮現象の解析
Author(s)	山野辺, 貴信
Citation	大阪大学, 1999, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/41485
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	山 ^{やま} 野 ^の 辺 ^へ 貴 ^{たか} 信 ^{のぶ}
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 14734 号
学位授与年月日	平成11年3月25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	一次元写像モデルによる神経興奮現象の解析
論文審査委員	(主査) 教授 佐藤 俊輔 (副査) 教授 福島 邦彦 教授 中野 馨 教授 野村 泰伸

論文内容の要旨

神経系の機能単位である単一神経細胞またはそのモデルの入出力特性に関する研究が数多くなされてきた。単シナプスの他の神経細胞から入力を受けるときの神経細胞またはそのモデルの入出力特性の研究はその代表的なものである。本研究の目的はパルス列入力に加わるときの単一神経細胞の応答の解析手法を提案し、それをを用いパルス列入力に対する神経細胞の応答の解析を行ない、単一神経細胞の応答特性の研究に新しい知見を与えることである。

この問題を考えるために、ザリガニの遅順応性伸張受容器 SAO (Slowly Adapting stretch receptor Organ) に関する実験系がしばしば用いられてきた。SAO は筋の伸張を検出する感覚器である。SAO に一定の伸張を加えると自発的に一定間隔で発火する。したがって、ペースメーカー細胞とみなせる。また、SAO は中枢神経系から単シナプスの投射を受けている。Segundo らは、この抑制性シナプスを通しパルス入力を加え入力パルス列が出力スパイク列にどのように変換されるかを調べた。単一パルス刺激がペースメーカー細胞の発火のタイミングに与える影響は位相遷移曲線 PTC (Phase Transition Curve) で表される。まず、我々は SAO の電氣的興奮現象のダイナミクスを調べるため、SAO の電氣的興奮現象を記述する非線形力学系モデル (Edman-Gestrelus-Grampp (EGG) モデル) のダイナミクスを調べる。いくつかの外部刺激に対するモデルの応答を調べ、さらに、このモデルの振舞いの本質的要素を抽出するために、EGG モデルを簡約化した。この解析に基づき EGG モデルの PTC を計算した。次に、EGG モデルと同じダイナミクスを持ち、PTC が解析的に与えられる比較的簡単なペースメーカー細胞モデルを導入する。このモデルの PTC を用い、Segundo らが行なった周期パルス入力、パルス列が更新過程に伴う入力、ある短時間のトレンドを持つパルス列入力に対する SAO の実験結果が再現されることを示す。次に、PTC の幾何学的特徴を用いることにより、パルス列入力に対する SAO の応答が解析できることを示す。最後に、単一神経細胞の入出力特性がネットワークの振舞いとどのような関係があるか調べるため、ペースメーカー細胞モデルを直列一方向にパルス結合したネットワークのパルス入力に対する応答を調べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、一次元写像モデルによる神経興奮現象の解析に関する研究をまとめたものであり、9章からなる。

第1章では、本研究の動機付けを述べた。外界からの物理情報が神経系の言葉であるスパイク列のどこにエンコードされるか、すなわち、神経コーディングに関する研究のストラテジーと、単一神経細胞の入出力特性の重要性を述べた。

第2章では、単一神経細胞の入出力特性を調べるために甲殻類の伸張受容器とそのモデルについて説明した。遅順応性伸張受容器は一定張力に対し自励興奮をする（ペースメーカー細胞のように振舞う）。外部からの周期的刺激によるこの周期的自励興奮の変調に関する J.P.Segundo らの実験結果を紹介し、それを説明するための数理モデル (mRIC=modified Radial Isochron Clock model) を導入した。

第3章では、甲殻類伸張受容器の膜の電氣的興奮現象を記述する Edman-Gestrelus-Grampp のモデル (Hodgkin-Huxley 型方程式) のダイナミクスを調べた。さらにこのモデルの振舞いの本質的要素を抽出するために方程式の簡約化を行なった。

第4章では、単一パルス入力に対するペースメーカー細胞の応答特性の解析に有用な位相遷移曲線について説明し、第2章で導入したペースメーカー細胞モデルの位相遷移曲線を求めた。

第5章では、位相遷移曲線の幾何学的特徴を利用して (位相遷移曲線法) パルス列入力に対するペースメーカー細胞の応答が解析できることを説明した。

第6章では、周期パルス入力と間隔が不規則なパルス入力に対するペースメーカー細胞の応答が位相遷移曲線法を使って再現できることを示し、この方法がペースメーカー細胞の応答を解析するために有効であることを結論した。

第7章では、入力パルス間隔があるトレンドをもって変化する有限個のパルスからなる列 (過渡的入力) に対するペースメーカー細胞の応答を調べた。まず、Segundo らが実験で示したザリガニの遅順応性伸張受容器の過渡的入力に対する応答を説明し、その応答が位相遷移曲線法を用いて再現できることを示した。

第8章では、ペースメーカー細胞モデルを直列一方向にパルス結合したネットワークのパルス入力に対する振舞いを調べた。

第9章では、本論文の結果を総括し、今後の課題について述べた。

以上のように、本研究は、神経コーディングの分野に一定の寄与をした。よって博士論文 (工学) として価値があると認める。