

Title	神経系の興奮現象と情報コーディング様式に関する力学系モデルによる研究
Author(s)	野村, 泰伸
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3081497
DOI	10.11501/3081497
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	野村泰伸
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 11924 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	神経系の興奮現象と情報コーディング様式に関する力学系モデルによる研究
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 教授 木村 英紀

論文内容の要旨

本論文は、神経系の興奮現象と情報コーディング様式に関する力学系モデルによる研究をまとめたものであり、次の8章からなる。

1章では、神経系における情報処理に関して、神経系の“情報”とはどのように定義されるか、その担い手は何か、情報は如何に変換、伝達され、表現されるかという問題を提起し、問題に対する本研究の位置付けを述べた。

2章では、神経系の情報の担い手(ニューラルコード)の解明を目的とした従来の研究をまとめ、様々なニューラルコードの候補を具体的に説明した。

3章では、Hodgkin-Huxley方程式とその簡約化モデルを説明し、パラメータ変化に伴うモデルの振舞いの変化(分岐構造)を明らかにした。また、モデルに含まれる一般に複数の分岐パラメータ値の組が、細胞モデルの振舞いにエンコードされる“情報”であるという観点から、モデルの振舞いにどれだけの情報がコードできるかを考察した。

4章では、反復興奮する振動性膜(ペースメーカ細胞)を力学系の言葉で神経振動子と呼び、その数学的解析について述べた。

5章では、周期パルス列入力を受ける振動性膜の振舞いを解析した。特に、周期パルス列を受ける Bonhoeffer-van der Pol 振動子の振舞いが、定性的にはあるが、ペースメーカ細胞を用いた電気生理学実験の結果をほぼ完全に説明することを示した。そこでは系のダイナミクスを1次元離散力学系に還元し、振動子の振舞いの変化を1次元写像で起きる分岐現象として説明した。さらに、神経細胞の本質的な性質を持つ簡単な数学モデルを提案し、その振舞いを解析した。

6章では、周期的に周波数変調されたパルス列入力を受ける振動性膜の振舞いを調べた。その結果、様々な時間パターンパルス列入力を受ける神経細胞の振舞いを知る目的に対して、5章で扱った周期パルス列が有効なテスト入力列の候補であることを示した。

7章では、可興奮/振動性膜の結合系を2種類構築し、その振舞いを調べた。1つは多数の可興奮性膜が電気的に空間的に一様に結合した系で、適度な摂動を加えると渦巻状の興奮伝搬パターンを発生する。もう1つは自律的に周期交番バーストパターンを発生する系で、正弦波入力に対して各細胞モデルの興奮は入力信号と位相同期する。

第8章では、本研究全体をまとめ、今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

本論文は、神経系の興奮現象と神経系における情報コーディング様式に関する非線形力学系モデルによる研究をまとめたものであり、次の8章からなる。

第1, 2章では、神経系における情報の定義と、その担い手について述べた。またニューラルコーディングの力学系モデルを研究することの重要性を述べた。第3章では、Hodgkin-Huxley方程式やその簡約化モデルを説明し、パラメータ変化に伴うモデルの振舞いの分岐構造を明らかにした。そして、神経細胞の興奮現象は、可興奮で振動的なダイナミクスをもつ力学系で解析できることを示した。系を規定する分岐パラメータの値の組が、神経細胞の振舞いにエンコードされるべき“情報”であるという観点に立ち、神経細胞の振舞いにどれだけ情報がコードできるかを考察した。各パラメータセットに対して細胞モデルが発するインパルス列の平均周波数や時間パターン、活動電位波形、インパルス間隔のヒストグラムなどを対応付けた。これらがニューラルコードの候補となりうることを述べた。

第4章では、反復興奮する振動性膜（ペースメーカー細胞）を力学系の言葉で神経振動子と呼び、その数学的解析について述べた。振動子の状態を表す位相を、アイソクロンと呼ばれる安定多様体を用いて定義し、それによって瞬時的な摂動を受けた直後の振動子の位相を直前の位相の関数（基本的位相遷移曲線）で表した。第5章では、周期パルス列刺激を受ける振動性膜の振舞いをこの関数を用いて解析した。特に、周期パルス刺激を受けるBVP振動子の振舞いが、定性的にペースメーカー細胞を用いた電気生理学実験の結果をほとんど完全に説明することを示した。周期パルス刺激を受ける振動子のダイナミクスを1次元離散力学系に還元し、振動子の振舞いの変化をこの1次元写像のパラメータ変化に伴う分岐現象として説明した。さらに、振動子が出力するインパルス列の様々な時間パターンと、1次元離散力学系モデルのアトラクタとの関係を詳細に調べた。第6章では、周期バースト刺激や周期的に周波数変調されたパルス列入力を受ける振動性膜の振舞いを調べた。第7章では、可興奮/振動性膜の結合系を2種類構築し、その振舞いを調べた。

本論文は、神経系における情報コーディング様式の解明に力学系の観点から迫るもので、得られた成果は神経生理学のみならず力学系理論の分野でも価値がある。

よって本論文は学位論文として価値あるものと認められる。