

Title	神経細胞の局所変数モデルとカオスによる神経回路モジュールの統合
Author(s)	佐野, 彰
Citation	
Issue Date	1998-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/860
Rights	
Description	Supervisor: 國藤 進, 情報科学研究科, 博士

神経細胞の局所変数モデルとカオスによる神経回路モジュールの統合

佐野 彰

北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科

1998 年 1 月 16 日

論文内容の要旨

脳神経系の情報処理は、神経回路上の発火ダイナミクスとして実現されている。それは、生存のために必要なある種の計算を効率的に取り扱うために、生物が進化の過程で獲得した一つの情報処理様式だといえる。本論では、脳神経系が持つ生化学的・解剖学的な制約の元で、神経回路が行う情報処理の幾つの特徴を明らかにする。

本論の前半では、神経回路上の情報伝達機構を理解するために、 Ca^{2+} の局所バッファリングに基づいた神経細胞の局所変数モデル、および双方向性のシナプス学習則を構成した。

局所変数モデルでは、複数のシナプス局所バッファと、それらの相互作用による神経細胞の内部ダイナミクスが記述される。内部ダイナミクスの形式化は、神経細胞の多様な樹状突起形態が持つ情報処理的な役割を考察するための枠組みを提供する。また、 Ca^{2+} /カルモジュリン依存性タンパクキナーゼ II を中心とするシナプス増強/減弱の生化学的仮説に基づき、局所的なシナプス学習則を与えた。シナプス学習則の局所性は、神経回路における情報表現の単位である神経発火と、情報伝達効率の変化であるシナプス可塑過程を明確に分離する。本論の神経細胞モデルとシナプス学習則によって、共同性のシナプス可塑性や活動電位の逆伝播など、種々の現象が単純な形式で説明できる。ここでは、小脳プルキンエ細胞で観測された時間パターン依存性のシナプス増強/減弱が、本論のモデルで説明可能なことを示す。

また脳神経系の情報処理は、皮質コラムや感覚領野といったモジュール構造による機能レベルでの局在性によって特徴付けられる。しかし一方で、それらの機能モジュール群は脳という単一の情報処理システムとして機能している。

本論の後半では、このような複数の神経回路モジュールが、如何にして機能的な統合を実現しているのかを考察する。具体的には、モジュール構造を持つカオス的な神経回路モデル(2体 Nozawa モデル)を構成し、モジュール間のシナプス結合と情報処理の関係を明らかにする。ここでは、系にカオスが存在することにより、外的な制御機構やアルゴリズムを仮定することなく、神経モジュールを機能的に統合可能なことを示す。更に、神経モジュールの相互作用は、個別に記録された記憶状態とは別の新たな内部表現を生成することがわかった。本論の結果は、脳が複数の感覚情報を如何にして関係付け、また統合するのかという問いに対して、カオスという内部機構が有効に機能することを示唆している。

キーワード：神経細胞モデル、カルシウムバッファリング、シナプス可塑性、神経モジュール構造、カオス