

氏名	あおき たかあき 青木高明
学位(専攻分野)	博士(理学)
学位記番号	理博第3092号
学位授与の日付	平成19年1月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	理学研究科物理学・宇宙物理学専攻
学位論文題目	神経ネットワークにおける情報表現とその機能に関する数理モデル研究

論文調査委員 (主査) 助教授 篠本 滋 教授 太田 隆夫 教授 小貫 明

論文内容の要旨

神経細胞の発火活動の中に、情報処理に関係した情報がどのように表現されているのかという問題は、神経ネットワークにおける情報表現問題と呼ばれている。

これに関して近年の神経科学実験では、行動や認知と関係した神経細胞の同期発火活動が報告されており、同期発火現象による情報表現の可能性が指摘されている。しかし、実際に同期的神経活動が可能にする神経回路機能とはいかなるものかという点に関しては未だに不明な点が多い。そのため本論文は、神経細胞の同期現象による機能的役割の解明を研究目的として、神経ネットワークの数理モデルを構築し、入力スパイクの同期特性の変化に対する神経回路のダイナミクスへの影響を考察している。

論文では、まず Spike Timing Dependent Plasticity(STDP)と呼ばれる発火タイミングに依存する学習則が近年報告されていることから、その学習則により形成される神経ネットワークを数理モデルとして新たに構築し、その学習機能と形成される回路の機能的特性を調べている。数値計算結果として、形成された神経ネットワークが従来の連想記憶回路と同等の機能を有することを示す一方、入力スパイクの同期特性の変化に応じて、想起状態に対応するアトラクタ間の遷移を起こす現象が確認された。これは神経細胞の同期現象が想起状態遷移のシグナルとして機能することを示唆している。

また想起状態遷移現象のメカニズムを明らかにするため、学習則の簡略化を行うことで想起状態の安定性について解析計算を行っている。その解析計算の結果、入力スパイクの同期特性変化に応じて想起状態の不安定化が起きることを明らかにし、想起アトラクタの不安定化による遷移現象を示している。

本論文の結果は状態間の遷移シグナルという同期的神経活動の新しい機能的意義を示すものであり、高次機能との関連で興味深い。

論文審査の結果の要旨

申請論文は、神経ネットワークにおける情報表現問題、とりわけ神経細胞の同期現象による情報表現について、その機能的役割の解明に取り組んでいる。神経細胞の同期現象は近年大脳皮質を中心に広く観測されており、脳情報処理機構への関係性から研究が進められている。しかし、同期的神経活動が神経ネットワークの機能へ与える効果については未だに不明な点が多く、その解明が望まれている。

申請者は発火タイミングに依存する学習則により形成される神経回路を数理モデルとして構成し、その連想記憶機能への入力の同期特性による変化を調べた。結果、神経細胞の同期現象には想起状態に対応するアトラクタ間の遷移を起こす効果があることを示した。また理論解析により入力スパイクの同期特性変化を起因とする想起状態の不安定化を示すことで、アトラクタ間遷移現象のメカニズムを明らかにしている。

本論文の結果は状態間の遷移シグナルという同期的神経活動の新しい機能的意義を示すものであり、神経数理モデル研究

として非常に先進的である。また高次脳・神経機能と関係して興味深い結果である。そのため今後は本論文の内容を基にして、さらなる数理モデル研究や神経生理実験の発展が強く期待される。

また申請論文で示された数理モデルは、素子の同期現象を利用して時系列情報の制御を行っており、この結果は非線形振動子の同期現象について情報処理の面から新しい観点を与えるものである。そのため神経科学のみならず、非線形科学の分野としても有意義な結果である。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。