

氏名(本籍)	すえ みつ あつ お 末 光 厚 夫 (愛 媛 県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 甲 第 3166 号		
学位授与年月日	平成 15 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当		
審査研究科	工学研究科		
学位論文題目	下側頭葉における記憶機構の計算論的研究		
主査	筑波大学教授	工学博士	宮 本 定 明
副査	筑波大学教授	工学博士	平 井 有 三
副査	筑波大学(併)教授	医学博士	河 野 憲 二
副査	筑波大学助教授	工学博士	森 田 昌 彦
副査	筑波大学講師	博士(工学)	掛 谷 英 紀

論 文 の 内 容 の 要 旨

脳の情報処理メカニズムの解明は、科学的にも工学的にも非常に意義があるが、あらゆる高次機能の基礎となる記憶のメカニズムは良くわかっていない。本研究の目的は、脳の記憶において中心的な役割を果たしている側頭葉の記憶システムを、計算論的なアプローチから研究しモデル化することによって、記憶の形成および想起のメカニズムを解明することである。

脳の下側頭葉皮質及びその周辺部は、視覚情報の記憶と深く関わっていることが知られているが、情報がどのように構造化されて長期記憶が形成されるのか、その記憶がどのようにして読み出されるのか、という重要な問題が未解明のままである。これらを解明する大きな手がかりが、Sakai & Miyashita (1991) によるサルの特長課題を用いた実験によって得られているが、得られたニューロン活動は従来の神経回路モデルでは説明がつかず、脳内でどのようにして実現されているのかわかっていなかった。

これに対して、まず計算論的な観点から上記の実験結果を説明する神経回路モデルを構築した。このモデルは記憶の保持と想起を行う回路網と記憶形成に必要な学習信号を生成する回路網から構成され、両者の相互作用によって前者に軌道アトラクタが形成される。また、形成された軌道アトラクタに沿って、回路網の状態が連続的に遷移することによって、ターゲットを想起する。これにより、特長課題を自然なメカニズムで遂行できるだけでなく、下側頭葉ニューロンの活動をうまく再現できることを示した。また、側頭葉の領域間の相互作用に関して「TE野に軌道アトラクタを形成するための学習信号が嗅周皮質から送られる」という仮説を提唱するとともに、それに基づいていくつかの現象を予測した。

次に、提案したモデルの検証を行った。具体的には、モデルの提案とほぼ同時期にNayaら(2001)が行った想起過程に関連するニューロンの時間特性の解析をモデルに適用した。その結果、両者の結果が非常に良く一致することが確かめられた。このことは、モデルの予測を実証すると同時に、上記の仮説を支持するものである。

最後に、モデルをより複雑な記憶課題に応用することを試みた。Nayaら(1996)の実験で用いられた、文脈に応じて選択すべき対象が変わる課題は、上記モデルでは実行できない。その原因を検討したところ、従来の文脈の表現方法を用いたのでは、入力刺激や文脈と出力との多対多の対応関係による計算論的困難が生じることがわかった。そこで、この問題を解決するための手法として森田ら(2002)が提案した選択的不感化原理を本モデル

に導入したところ、文脈依存的記憶課題を実行できるだけでなく、Nayaらの生理データが、これまで全く説明が付かなかった点も含めてきれいに再現されることがわかった。この結果は、脳でも選択的不感化原理が用いられていることを示唆している。

以上のように、本研究では計算論的な考察に基づいてモデルを構築し、生理データと比較することによって、「軌道アトラクタによる神経回路網の状態遷移」および「選択的不感化」という原理が下側頭葉の記憶システムでも働いている可能性が高いことを示した。このことは、脳の記憶メカニズムの解明に大きく貢献すると同時に、脳のような柔軟な情報処理を可能にする記憶システムの実現へ向けて工学的も重要な意義をもつものである。

審 査 の 結 果 の 要 旨

脳の記憶関連ニューロン活動を神経回路モデルにより説明し、記憶メカニズムの一端の解明に繋がる重要な原理を提示した点で有意義な研究である。特に、単なる生理データの再現ではなく、しっかりとした計算論的な考察に基づいてモデルを構成し、モデルの予測と生理データとを比較している点が評価できる。原理の更なる検証、および前頭葉等の関連領域を含めた記憶システムのモデルへの発展が今後の課題であるが、文脈に応じて適切な類推を行うシステムなど工学的な応用も期待される。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。