

研究種目：若手研究（B）
研究期間：2007～2010
課題番号：19700217
研究課題名（和文） 海馬と大脳皮質における相補的な学習システムのモデル化に関する研究
研究課題名（英文） Modeling of the complementary learning systems between hippocampus and neocortex
研究代表者
服部 元信（HATTORI MOTONOBU）
山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授
研究者番号：40293435

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：海馬、大脳皮質、CLS 理論、記憶、ニューラルネットワーク

1. 研究計画の概要

脳における宣言的記憶の形成では、海馬が一時的な記憶の貯蔵庫、大脳皮質が最終的な記憶の貯蔵庫として機能していると考えられている。本研究では、生理学、解剖学、神経心理学などの知見に基づき、海馬と大脳皮質を含む神経回路網のモデル化を行い、両者における相補的な学習の仕組みを主に計算機シミュレーションによって明らかにすることを目的としている。海馬のモデル化にあたっては、近年になって発見された、海馬歯状回における顆粒細胞の発生・死滅現象に関する知見を採り入れ、この現象が海馬の機能にどのような役割を果たしているのかを明らかにする。一方、これまでの生理学並びに神経心理学的な研究から、海馬と大脳皮質において相補的な学習が行われているとする理論（CLS:

Complementary Learning Systems 理論）が提唱されている。CLS理論では、一時的な記憶の貯蔵庫である海馬が大脳皮質の神経回路網に対して教師として働き、長期記憶と構造的な知識の形成に関与していると示唆しているが、その具体的なメカニズムはまだ解明されていない。

2. 研究の進捗状況

これまでの研究では、まず、詳細な研究が多く行われているげっ歯目を中心に、海馬歯状回の神経細胞の発生・死滅現象に関する生

物学的研究の調査を行った。そして、ここで得られた知見を元に、歯状回における神経新生を採り入れた海馬モデルを構築し、神経新生が記憶の形成に果たす役割の調査を行った。その結果、海馬構造自体にパターン間の類似度を下げる働きがあるが、神経新生がそれをさらに顕著にする役割を持つこと、またそれにより、通常では学習困難な類似した記憶の形成が容易になること、少ない学習回数で記憶の形成が可能になること、追加学習性能が向上することなどが明らかになった。

一方、海馬の中でも特に重要な役割を果たしていると考えられている CA3 については、生理学・解剖学的知見に基づいたモデルを構築し、海馬 CA3 が空間選択性を持つ領域と時間選択性を持つ領域に分離でき、これらが複数のエピソード記憶の曖昧性の解消に寄与していること示唆する結果を得た。

さらに、海馬と大脳皮質を含む神経回路網のモデル化を行い、海馬と大脳皮質における相補的な学習の仕組みを計算機シミュレーションによって調査した。構築したモデルは、構造と学習方法の異なる2つのネットワークからなり、それぞれ海馬と大脳皮質に相当する。前者に相当するネットワークには、海馬CA3と同様に再帰的な結合を有する、相互結合型の連想記憶モデルを採用した。このモデルに忘却付きのヘップ学習を導入することにより、海馬で行われていると考えられる、高速かつ逐次的な学習が

可能となり、また、短期的な記憶として機能することがわかった。一方、後者のネットワークは、誤差逆伝播法で学習される階層型ニューラルネットワークとした。これにより、長期記憶を実現するための大記憶容量が実現可能となった。さらに、海馬から大脳皮質への記憶の転写においては、連想記憶モデルにカオスニューロンを導入することにより、海馬に蓄えられた記憶の抽出を可能とした。また、これを階層型ニューラルネットワークから生成された擬似パターン群とともに、改めて階層型ニューラルネットワークに学習させることで、破局的忘却を抑制しつつ長期記憶を形成できることを明らかにした。

3. 現在までの達成度

③やや遅れている。

(理由)

CLS 理論にヒントを得た、海馬と大脳皮質の相補的な学習システムのプロトタイプモデルを構築したという点では、当初の予定通りの進捗具合であるが、神経新生の知見を採り入れた海馬モデルの性質の調査に、当初の予想以上の時間を要したため、全体としてはやや遅れていると評価できる。具体的には、以下の点が当初の計画に比べて達成度がやや不十分である。

- (1) 宣言的記憶に関する神経心理学的知見の調査
- (2) 動的なパターンの記憶
- (3) 海馬のモデル化の詳細度
- (4) 長期記憶の形成に関する生理学的知見の調査

4. 今後の研究の推進方策

現在までの達成状況を踏まえて、まず、宣言的記憶に関する神経心理学的知見の調査、並びに長期記憶の形成に関する生理学的知見の調査を可能な限り充実させる。特に、睡眠時や休息時における海馬の自発的な再活性については、海馬から大脳皮質への記憶の転写に重要な役割を果たしていると考えられるので、より詳細な調査を行う予定である。

現在の海馬-大脳皮質モデルで扱えるのは、静的なパターンの記憶のみである。意味記憶とエピソード記憶からなる宣言的記憶のうち、エピソードの記憶は動的なパターンの記憶と見なせるので、これが可能なようにモデルの拡張を試みる。

また、現在の海馬-大脳皮質モデルにおける海馬に相当するネットワークは、モデル化の抽象度が高い。そのため、既に調査を行った、神経新生などの現象を採り入れたより詳細な海馬モデルを用いて、様々な性質の調査

を計算機シミュレーションにより明らかにする。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計12件)

- ① Hattori, M., Avoiding Catastrophic Forgetting by Dual-Network Memory Model Using a Chaotic Neural Network, Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, 60, 851-855, 2009, 査読有
- ② Samura, T., Hattori, M. and Ishizaki, S., Significance for Hippocampal Memory of Context-Like Information Generated in Hippocampal CA3c, Lecture Notes in Computer Science, 5506, 344-351, 2009, 査読有
- ③ Wakagi, Y. and Hattori, M., A model of hippocampal learning with neuronal turnover in dentate gyrus, International Journal of Mathematics and Computers in Simulation, 2, 215-222, 2008, 査読有
- ④ Wakagi, Y. and Hattori, M., Effect of neuronal turnover in a hippocampal model, Proceedings of the 12th WSEAS International Conference on Systems, 626-630, 2008, 査読有
- ⑤ Samura, T., Hattori, M. and Ishizaki, S., Sequence disambiguation and pattern completion by cooperation between autoassociative and heteroassociative memories of functionally divided hippocampal CA3, Neurocomputing, 71, 3176-3183, 2008, 査読有

[学会発表] (計1件)

- ① 佐村俊和, 服部元信, 石崎俊, 海馬 CA3 下位領域レベルの構造と学習則に基づく2つの情報選択性領域, 日本神経回路網学会 Brain Inspired-System 研究会, 2009年7月24日, 九州工業大学