

# 脳情報処理をヒントにした学習手法および学習・記憶の神経回路モデル

村越一支 (第7工学系, 視聴覚コア)

## 1 はじめに

人間・動物はすばらしい情報処理機能を持っているが、まだ解明されていない機能も多い。その機能の情報処理過程を解明し、人工的な情報処理で壁・困難な問題にぶつかったとき、生体情報処理の方法に学び打開策を検討するための基礎研究を行っている。視聴覚をはじめとした脳の中に取り入れられた情報は、学習・記憶を経て様々に利用され得る。本稿では、脳情報処理の中で視覚の多重スケール処理に着目してヒントにした学習手法 [a] および意味記憶のネットワークを形成する学習・記憶の神経回路モデル [b] の研究を報告する。

## 2 多重近傍関数を用いた自己組織化マップの位相ねじれの軽減 [a]

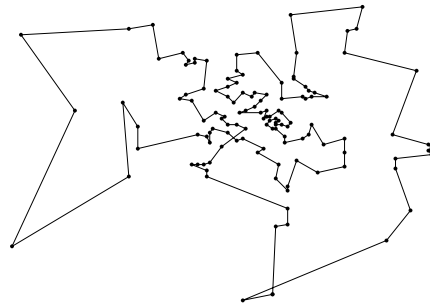
自己組織化マップ (self-organizing map; SOM) [1] は、高次元のデータのクラスタリングや視覚化を行う著名な教師無し学習手法の一つであり、様々な分野に応用されている。しかしながら、学習結果に位相のねじれが生じてしまう問題がある [1, 2]。

SOMにおいては位相の順序は、近傍における学習率を決定する近傍関数によって決定されている。Kohonen [1] は、脳内のシナプス可塑性の集合として SOM の学習過程が解釈できるとしている。一方、ヒトの視覚システムは、多重スケールの処理によって認識を改善している [3]。このことからヒントを得て、多重スケールの近傍関数を SOM に適用する手法を提案し、位相ねじれが軽減されることを期待する。

簡単化のため、巡回セールスマン問題 (traveling salesman problem; TSP) [4] 用の 1 次元 SOM [5] に、提案する多重スケールの近傍関数を適用する手法の例を示す。Fig. 1 はベンチマーク問題 bier127 の従来の SOM 手法 (a) と提案手法 (b) による解の例である。従来手法による解は二つのねじれを持っているが、提案手法による解ではこの解にねじれはないことがわかる。

この解の質の向上だけでなく、学習速度も増していた。脳の中では、多重スケールにより、精度だけでなく速度も速くしている可能性がある。

(a)



(b)

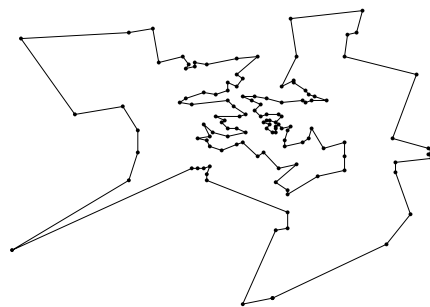


Fig. 1 ベンチマーク問題 bier127 の解の例。点は都市、線は経路を表す。(a) 従来手法による解。この解は二つのねじれを持っている。(b) 提案手法による解。この解にねじれはない。

## 3 意味記憶のネットワークを形成する神経回路モデル [b]

提案するモデルを Fig. 2 に示し、概略を説明する。連合野第 1 層では入力があるまま反応し、歯状回、回帰結合を持つ海馬 CA3 層を経由し、時系列データを海馬内で学習し、海馬 CA1 層に出力する。連合野第 2 層は a と b の二つ設け、a はエピソード記憶、b は意味記憶を保持する。連合野 2b では意味記憶形成とスパイクタイミング依存性シナプス可塑性 (Spike-Timing-Dependent synaptic Plasticity; STDP) の関係を調べるため STDP を学習則として用いた。Fig. 2 中の太い矢印は、STDP で結合強度が変化する神経結合を示している。

入力するパターンは、一つを 5 個の要素から構成し、各パターンは互いに重なり合った部分が無い。時系列パターンを (ABC) と表記したときはパターン A, B, C を順に連合野 1 層へ入力する。(AB?) と表記したときの?は、その時系列パターン内にある以外のパターンを意味し、(ABC), (ABD), ... を意味する。(AB?) の記憶が形成された後に (?BC) を記憶させた

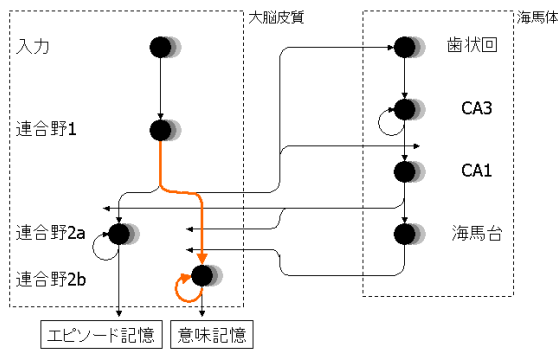


Fig. 2 意味記憶を形成する神経回路モデル

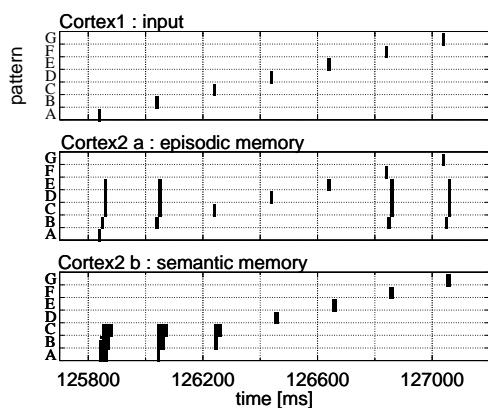


Fig. 3 (AB?) の後に (?BC) を入力した後の記憶の形成。小さい四角は発火したことを示す。

場合はどのようになるのかを確認する。これは意味記憶のネットワークを形成することに相当する。

(AB?) を学習後に、(?BC) を入力させ学習した後の状態を Fig. 3 に示す。A を入力した場合は AB, ABC, BC, C が、B の場合は ABC, BC, B が、C の場合は BC, C が次々想起され、意味記憶を形成できている。

意味ネットワーク [6, 7] は事実とその関係をモデル化している。Fig. 3 の想起結果から、C, B, A の順に意味ネットワークにおける上位の概念と対応させることができる。例えば、C を動物、B を鳥、A をカナリヤとすると、記憶させるときは、最初に (AB?) を提示した後に (?BC) を提示したので、カナリヤと鳥の結び付きを記憶した後に、鳥と動物の結び付きを記憶させたことにシミュレーションは対応する。そして、想起の時は、例えば、カナリヤが入力された結果、カナリヤと鳥、カナリヤと鳥と動物、鳥と動物、そして動物と次々想起していったことになる。この呼び出しに関しては、上位や下位のレベルの異なる概念の想起には、レベルの移動をすればするほど時間がかかるという心理実験の結果からの示唆 [6] に定性的に一致している。

## 4 まとめ

本稿では、脳情報処理の中で視覚の多重スケール処理に着目してヒントにした学習手法 [a] および意味記憶のネットワークを形成する学習・記憶の神経回路モデル [b] の研究を報告した。これらは、脳の情報処理の極一部であり、さらに研究を進める必要がある。

## 参考文献

- [1] T. Kohonen, "Self-organizing maps," Springer-Verlag, Berlin; New York, 3rd edition, 2001.
- [2] M. M. Van Hulle, "Faithful representations and topographic maps: From distortion-to information-based self-organization," Wiley-Interscience, New York, 2000.
- [3] H. R. Wilson, D. K. McFarlane, and G. C. Phillips, "Spatial frequency tuning of orientation selective units estimated by oblique masking," *Vision Res.*, vol.23, no.9, pp.873-882, 1983.
- [4] G. Reinelt. "Traveling salesman problem," 2005. Retrieved in 2005 from <http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/>.
- [5] B. Angéniol, G. de la Caroix Vaubois, and J.-Y. le Texier, "Self-organizing feature maps and the travelling salesman problem," *Neural Netw.*, vol.1, pp.289-293, 1988.
- [6] A. Collins and M. Quillian, "Retrieval time from semantic memory," *J. Verbal Learn. Verbal Behav.*, vol.8, pp.240-247, 1969.
- [7] A. Collins and E. Loftus, "A spreading activation theory of semantic processing," *Psychological Review*, vol.82, pp.407-425, 1975.

## 発表論文

- [a] Kazushi Murakoshi and Yuichi Sato: "Reducing topological defects in self-organizing maps using multiple scale neighborhood functions", *Biosystems*, (in press). available online, doi: 10.1016/j.biosystems.2006.07.004
- [b] Yusaku Kobayashi and Kazushi Murakoshi: "A neural circuit model forming semantic memory from episodic memory using STDP", *Electronics and Communications in Japan (Part II: Electronics)*, Vol. 90, No. 2, pp. 54-63 (Feb. 2007).