

カオスニューラルネットワークにおけるパターンの想起 のされやすさと引き込み領域の大きさに関する検討

廣澤一輝 長名優子

東京工科大学 コンピュータサイエンス学部

1 はじめに

生体の脳や神経系で観測されるカオスは、脳における記憶や学習に重要な役割を果たしていると考えられており、人工的なニューラルネットワークの研究においても、従来のニューロンモデルをより実際の神経細胞に近づけようとしてカオスニューロンモデル [1] が提案されている。カオスニューロンモデルから構成された連想記憶モデルでは、記憶したパターンを動的に想起できることが知られている [1][2]。しかし、これらのモデルにおいて想起されるパターンの範囲を設計者が意図したように制御することは難しい。また、このパターンの動的な想起において、記憶したすべてのパターンが均等に想起されるわけではなく、想起されやすいパターンとされにくいパターンが存在する。しかし、パターンの想起のされやすさがどのような要因と関係しているのかは分かっていない。

本研究では、カオスニューラルネットワークにおけるパターンの想起のされやすさと引き込み領域の大きさが関係していると考え、偽記憶の数や引き込み領域の大きさとパターンの想起との関係について調べる。

2 カオスニューラルネットワークにおけるパターンの想起のされやすさに関する検討

カオスニューラルネットワークを連想記憶モデルとして用いた場合には、記憶したパターンを動的に想起できることが知られている [1][2]。このパターンの動的な想起において、記憶したすべてのパターンが均等に想起されるわけではなく、想起されやすいパターンと想起されにくいパターンが存在する。しかし、パターンの想起のされやすさやされにくさがどのような要因と関係しているのかは分かってない。

パターンの想起されやすさに影響を与えるものの1つとして、引き込み領域の大きさが考えられるので、

本研究では、パターンの想起のされやすさと引き込み領域に関係について (1) 引き込み領域の大きさと偽記憶の数に関する検討、(2) カオスニューラルネットワークにおいて想起されるパターンに関する検討の2つの段階に分けて調べていく。

2.1 引き込み領域の大きさと偽記憶の数に関する検討

ホップフィールドネットワーク [4] では、記憶パターンはエネルギー関数の谷間 (極小点) に対応するような形で埋め込まれる。しかし、エネルギー空間には記憶パターンに対応する極小点以外にも極小点が存在し、それらは偽記憶と呼ばれる。ホップフィールドネットワークでは、パターンが入力されると、エネルギー空間の谷間に向かって状態が更新され、最終的に極小点に落ち着く。このように、ある極小点に最終的に引き込まれるようなパターン (状態) をその極小点に対応する引き込み領域という。

ニューロン数が N のホップフィールドネットワークでは 2^N の状態が考えられるのでこれらのすべての状態を初期状態としてネットワークを動作させ、どの状態に引き込まれるかを調べることで、

- (a) エネルギー空間における極小点の数 (記憶パターンの数+偽記憶の数)
- (b) 各極小点の引き込み領域の大きさを調べる。

2.2 カオスニューラルネットワークにおいて想起されるパターンに関する検討

2.1 で調べたネットワークをカオスニューラルネットワークとして動作させたときに想起されるパターンについて調べる。想起されるパターンには、記憶されているパターン以外のものも含まれるので、想起された各パターンに対して、

- (a) エネルギー空間における極小点に対応しているのか

Relation between Recalled Patterns and Basin Size in Chaotic Neural Network
Kazuki Hirozawa and Yuko Osana (Tokyo University of Technology, osana@cc.teu.ac.jp)

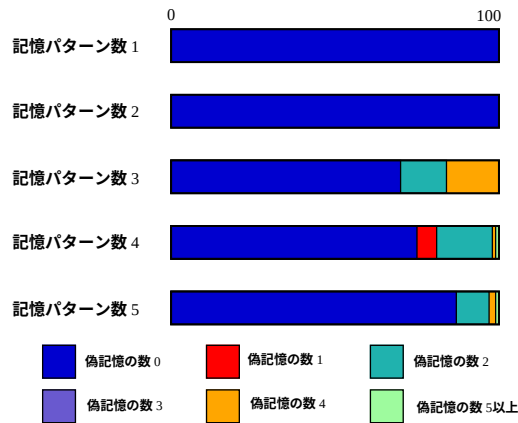


図 1: エネルギー空間における極小点の数

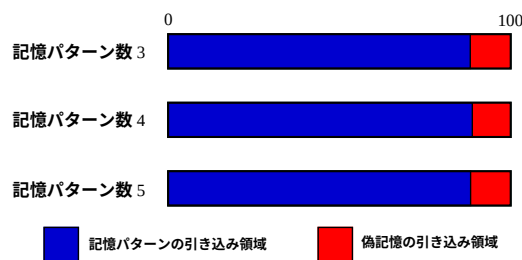


図 2: 記憶パターンと偽記憶の引き込み領域の大きさ
(b) 各パターンが想起される回数と引き込み領域の大きさに関係があるのか

を調べる。

3 計算機実験

ニューロン数 10 のホップフィールドネットワークに 1~5 個のランダムパターンを Quick Learning を用いて学習させ、学習後のネットワークのエネルギー空間における極小点の数と引き込み領域の大きさを調べる実験を行った。その結果を図 1, 2 に示す。図 2 より、記憶パターンの引き込み領域は偽記憶の引き込み領域にくらべて大きいことが分かる。また、学習後のネットワークをカオスニューラルネットワークとして動作させたときに想起されるパターンが (1) 記憶パターン、(2) 記憶パターンの引き込み領域にあたるパターン、(3) 記憶パターンの反転パターン、(4) 記憶パターンの反転パターンの引き込み領域にあたるパターン、(5) 偽記憶、(6) 偽記憶の引き込み領域にあたるパターンのいずれにあたるかを調べた。その結果を図 3 に示す。図 3 より、想起パターンの大部分は記憶パターンもしくは想起パターンであることが分かる。図 4 は、パターンの想起回数と引き込み領域の大きさの関係を示したものである。図 4 より、パターンの想起回数と引き込み領域の大きさとの関係の間にはっきりとした関係性はみられないことが分かる。

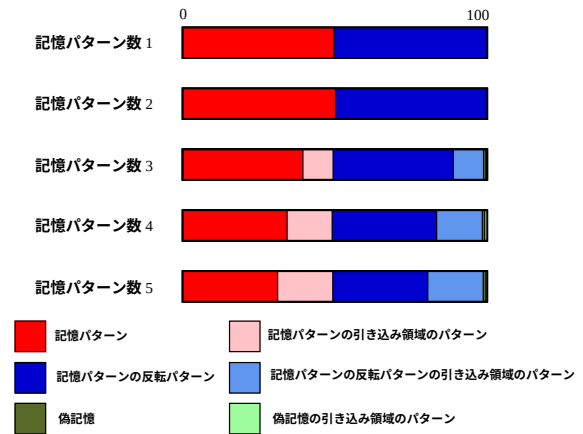


図 3: 想起パターンの内訳

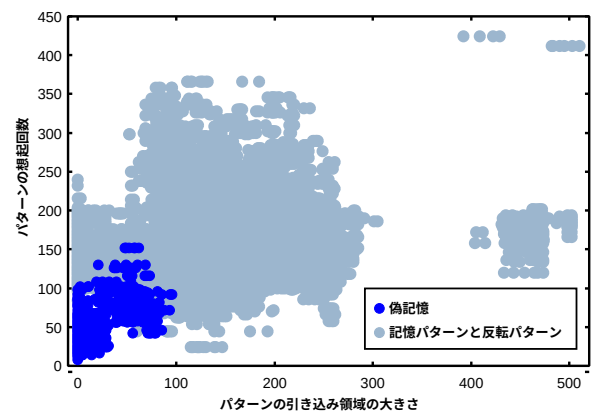


図 4: パターンの想起回数と引き込み領域の大きさの関係

4 おわりに

本研究では、カオスニューラルネットワークにおけるパターンの想起と偽記憶の数や引き込み領域の大きさとパターンの想起との関係について調べる実験を行った。その結果、パターンの想起回数と引き込み領域の大きさとの関係の間にはっきりとした関係性はみられないことが分かった。

参考文献

- [1] K. Aihara, T. Takabe and M. Toyoda: "Chaotic neural networks," Physics Letter A, Vol.144, No.6, 7, pp.333-340, 1990.
- [2] Y. Osana and M. Hagiwara: "Separation of superimposed pattern and many-to-many associations by chaotic neural networks," Proceedings of International Joint Conference on Neural Networks, Anchorage, No.1, pp.514-519, 1998.
- [3] M. Hattori, M. Hagiwara and M. Nakagawa: "Quick learning for bidirectional associative memory," IEICE Japan, Vol.E77-D, No.4, pp.385-392, 1994.
- [4] J. J. Hopfield: "Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities," Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., Vol.79, pp.2554-2558, 1982.