

4K-3

時系列性の空間記憶情報を学習する ニューラルネットに対する一考察

吉田 誠 中村 清実
富山県立大学大学院工学研究科

1 はじめに

通常のニューラルネットワーク (Neural Network, N.N.) では、時系列パターンをそのまま学習することはできない。しかし、N.N. でも時系列パターンを空間パターンに変換することにより時系列パターンの学習が可能になる。遅延素子を用いて時系列パターンを空間パターンに変換し学習を行う代表的な N.N. として、Waibel(1989) の Time-Delayed N.N. (TDNN) などがある [1]。しかし、遅延素子を用いて完全結合した N.N. では、時間的な順序関係が考慮されていないため、現在の事象が過去の事象に影響を与えるという矛盾が生じる。また、空間記憶については脳の頭頂連合野が関係すると考えられている [2]。本研究では、時間的な順序関係を考慮した N.N. を提案し、それにより脳における時系列性の空間作動記憶情報を学習することを試みた。

2 時間を考慮した結合を持つ N.N.

本研究で提案する現在の事象が過去の事象に影響を与えない結合をもつ N.N. (Downstream Time Delayed N.N.) を以下では、D-TDNN と略す。D-TDNN の概略を図 1 に示す。D-TDNN は遅延層、入力層、中間層、出力層および遅延層の 5 層から構成される。入力層ニューロンのしきい値は非常に高く設定されている。遅延層に n 個の入力が入った時点で、外部入力のしきい値制御ニューロンから入力層、中間層および出力層のニューロンへ信号を与えることにより、 n 個からなる入力パターンが入力層に一斉に輸入される。次に入力層-中間層、中間層-出力層はそれぞれ下の段のニューロンが次の層の上の段のニューロンへの結合を持たない。こうすることにより、現在の事象が過去の事象に影響を与えないようすることが可能となる。また、この D-TDNN の学習方法としては BP (Back Propagation) 法を用いた。

3 空間作動記憶の N.N. モデル

神経科学的な空間学習実験として、ラットを使用した 6 方向 (S1~S6) のスピーカによる方向弁別遅延見

Downstream Time Delayed Neural Network
Simulating Spatial Working Memory in the
Neocortex

Makoto Yoshida, Kiyomi Nakamura
Toyama Prefectural University,
Kosugi, Toyama, 939-03, Japan

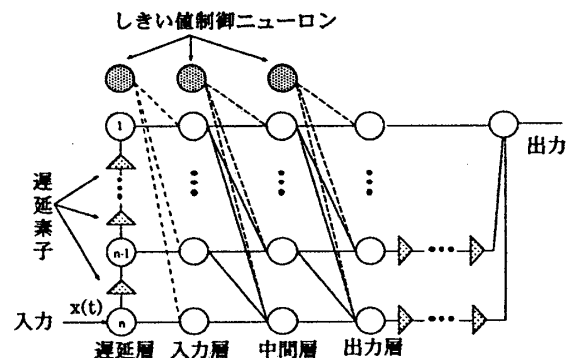


図 1 D-TDNN の概略図

本合わせ学習課題が行われ、頭頂連合野におけるニューロン活動が記録、解析されている [2]。その結果、頭頂連合野に、ある特定方向を記憶している遅延時間に活動するニューロンの存在が報告されている [2]。

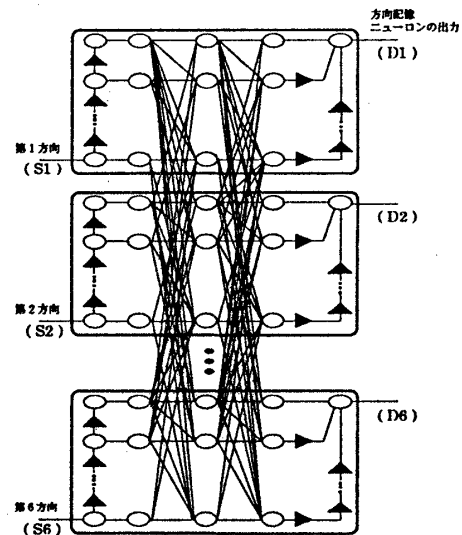


図 2 D-TDNN を用いた空間作動記憶モデル

空間学習実験との対応から 6 方向 (S1~S6) に方向識別および方向記憶応答特性を持つ N.N. でシミュレーションを行う。N.N. は遅延時間 1 秒の遅延素子を 9 個使い、10 秒間の時系列パターンを空間パターンに変換する D-TDNN を 6 個用意し、時系列性の空間記憶情報を学習する N.N. を構成する。その概略図を図 2 に示す。

神経科学的な実験データを基に、D-TDNNの学習における教師信号を図3のように設定した。空間学習実験では、第1音と第2音が遅延時間2秒間において、6方向のいずれかの方向から呈示される。第1音と第2音の方向が一致している場合(一致試行: 6通り)と、一致していない場合(不一致試行: 30通り)の計36パターンに対する方向記憶ニューロン(6個:D1~D6)の教師時系列信号(216種類)が存在する。図3は遅延時間が2秒間の場合で、特定方向(S1)とそれに対応する遅延時間に応答する方向記憶ニューロンから得られた実験データを典型的に示したものである。これらをN.N.の教師信号として用いることにした。

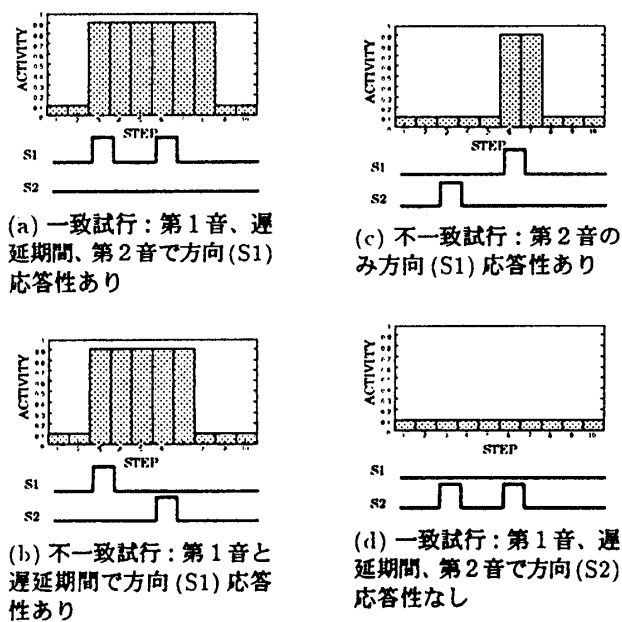


図3 空間作動記憶モデルで用いる教師信号

4 シミュレーションの結果

D-TDNNの結果を通常のTDNNと比較するため、D-TDNNと同様の教師信号でTDNNを学習した。第1音と第2音の遅延時間を2秒間として時系列パターンを学習させた後、遅延時間を3、4、5秒と延ばした未学習の時系列パターンをそれぞれのN.N.に入力した。そのときのTDNNとD-TDNNの方向記憶ニューロン群の出力結果を比較した。その結果、学習した時系列パターンを入力するとTDNN、D-TDNNともに教師信号と同様の値を出力した。次に遅延時間を3、4、5秒と延ばした未学習時系列パターンをTDNN、D-TDNNに入力した。TDNNに未学習時系列データを入力した場合、入力と同時に誤差が生じた。一方、D-TDNNは入力から5秒間(学習した入力と未学習入力が等しい時間帯)では、誤差はほとんど生じなかった。遅延時間2秒間の学習パターンと遅延時間3秒間

の未学習パターンをそれぞれ入力した場合の出力と教師信号との差(絶対値)を累積した誤差を図4に示す。ただし、実線がTDNN、破線がD-TDNNの累積誤差である。

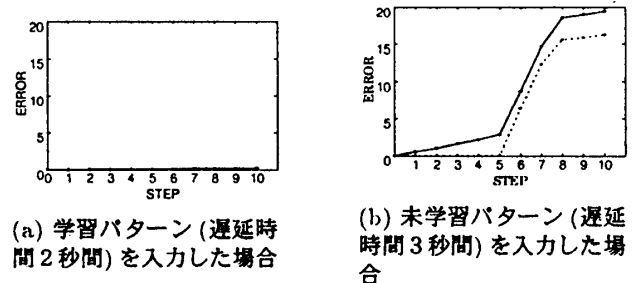


図4 出力と教師信号との差の絶対値の累積誤差

5 結論

提案したD-TDNNは頭頂連合野の純粋な生理学モデルとはいえない。なぜなら、入力パターンの値がすべて入力されなければ出力パターンが出ないからである。このことは、頭頂連合野でオンタイムに時空間情報が処理されていることに矛盾する。しかし、シミュレーションの結果から、遅延素子を用いて時系列パターンを空間パターンに変換し学習させ、さらに出力された空間パターンを時系列パターンに戻した場合、D-TDNNでは現在の事象が過去の事象に影響を与えないことが明らかになった。

6 今後の課題

遅延時間が延びた未学習時系列パターン入力に対するシミュレーションの結果が正しいか否かについては、今後ラットを使用し遅延時間を延ばした空間学習実験を行い、頭頂連合野でのニューロン活動を記録し、D-TDNNの出力データと比較する必要がある。また、D-TDNNは離散時間パターンを空間パターンに変換し学習した。この方法で時系列パターンを長くする、または時間分割を細かくすると、ニューロン数が大きくなり学習に要する時間も長くなるという問題点もある。

参考文献

- [1] Waibel, A.: "Modular construction of time-delay networks for speech recognition", *Neural Computation*, 1, pp. 328-339(1989).
- [2] Nakamura, K., Ono, T., Haritani, H. and Takarajima, A.: "Parietal neural activity during directional delayed nonmatching-to-sample task in awake rats", *Neurosci. Res. Suppl.* 19, s247(1994).