

カオス・ニューラルネットワークによるパターン認知ゆらぎの検討

5M-4

長尾 夏樹

西村 治彦

松井 伸之

nagao@comp.eng.himeji-tech.ac.jp haru@life.hyogo-u.ac.jp matsui@comp.eng.himeji-tech.ac.jp

姫路工業大学

兵庫教育大学

姫路工業大学

1 はじめに

脳神経系の活動にはカオスを含む複雑な信号が観測されており、実際の知覚・認識過程に果たすカオス・ダイナミクスの役割の検討は重要な課題となりつつある。中でも、Necker Cubeに代表される多義図形認知に見られる現象はカオス活性モデルの立場から大変興味深いものである^{2,3)}。ここでは、不応性効果と累乗減衰する履歴効果を有するカオス・ニューラルネットワーク^{4,5)}に対して、多義パターン認知における複数の解釈パターンをホップフィールド極限での安定な静的記憶として埋め込み、多義パターン刺激に対するその反応性と機能性から多義パターン認知ゆらぎ機構の新たなモデリングを試みる。

2 認知ゆらぎ機構モデル

シナプス結合 w_{ij} (ただし, $w_{ii} = 0$) で結ばれた N 個のカオス・ニューロン ($-1 \leq X_i \leq 1, i=1, \dots, N$) を考える。各ニューロンの時間発展は

$$X_i(t+1) = f \left(\sum_{j=1}^N w_{ij} \sum_{d=0}^l k_f^d X_j(t-d) - \alpha \sum_{d=0}^l k_f^d X_i(t-d) - \theta_i \right) \quad (1)$$

で与えられる。ただし, $f(y) = \tanh(y/2\epsilon)$, $k_f(k_r)$: フィードバック入力 (不応性) の減衰定数, α : 不応性パラメータ, θ_i : しきい値である。なお, ここでは文献4)の式における $x \rightarrow X = 2x - 1$ へ置き換えている。(1)式 $f()$ 内の第1項を $\eta_i(t+1)$, 第2項以下を $\zeta_i(t+1)$ とおくと, 時間発展は

$$\eta_i(t+1) = k_f \eta_i(t) + \sum_{j=1}^N w_{ij} X_j(t) \quad (2)$$

$$\zeta_i(t+1) = k_r \zeta_i(t) - \alpha X_i(t) - \theta_i (1 - k_r) \quad (3)$$

$$X_i(t+1) = f(\eta_i(t+1) + \zeta_i(t+1)) \quad (4)$$

に帰着される。

以下では, $-\theta_i(1 - k_r) \equiv a = 0$, $\epsilon = 0.015$ とする。

認識 (解釈) 候補パターンの記憶としての埋め込みは, ホップフィールド極限 ($k_f = k_r = \alpha = 0$) において逐次的パーセプトロン学習則を適用することで達成される。 p 個 ($p < N$) のパターン $\{\xi_i^\mu = \pm 1\}$ ($\mu = 1, \dots, N$) に対して全ニューロンが $\gamma_i^\mu \equiv \sum_{j=1}^N w_{ij} \xi_j^\mu \geq \kappa (> 0)$ を満たすまで, $w_{ij}^{new} = w_{ij}^{old} + \delta w_{ij}^\mu$, ($\delta w_{ij}^\mu = \frac{1}{N} \xi_i^\mu \xi_j^\mu$) に従って無結合状態 ($\forall w_{ij} = 0$) から徐々にその値を変更する⁶⁾。ただし, κ は記憶の引力圏パラメータで, 安定度 γ_i^μ の下限を与える。

多義パターン刺激は, (4) 式の内部状態項に刺激項 $\{\sigma_i\}$ ($i=1, \dots, N$) が付加される形 ($\eta_i + \zeta_i \rightarrow \eta_i + \zeta_i + \sigma_i$) で取り込まれる。

3 実験設定および結果

実験では, 1つの刺激パターンに対して2つの解釈が存在する (2義の) 場合を取り扱う。刺激パターン $\{\xi_i^v\}$ としては 12×13 ($N=156$) 構成のランダムパターン 10種 ($v=1, 2, \dots, 10$) を採用し, それぞれに対して2個の認識 (解釈) 候補パターン $\{\xi_i^{v1}\} \{\xi_i^{v2}\}$ (刺激パターンに比べて $\xi_i = +1$ 状態が15個多い。しかも $v1$ と $v2$ ではその15個は別位置。) を作成 ($p=20$), $\kappa=1$ で学習させた。

図1は, パターン刺激 $\{\sigma_i\} = 0.7 \{\xi_i^{v1}\}$ の下でのネットワーク ($k_f=0.5, k_r=0.8, \alpha=0.34$) の挙動 (ただし, $m^{11}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \xi_i^{11} X(t)$) であるが, 認識 (解釈) が候補パターン $\{\xi_i^{v1}\}$ と $\{\xi_i^{v2}\}$ の間で自発的にしかも不規則に交代しているのがわかる。このようなネットワーク状態がカオスであることはその最大リアプノフ指数が正 (今の場合 $\lambda_1 = 0.26$)

A perception model of ambiguous patterns based on the chotic neural networks

Natsuki NAGAO, Haruhiko NISHIMURA, Nobuyuki MATSUI
Himeji Institute of Technology
Hyogo University of Education

であることから確認されている。

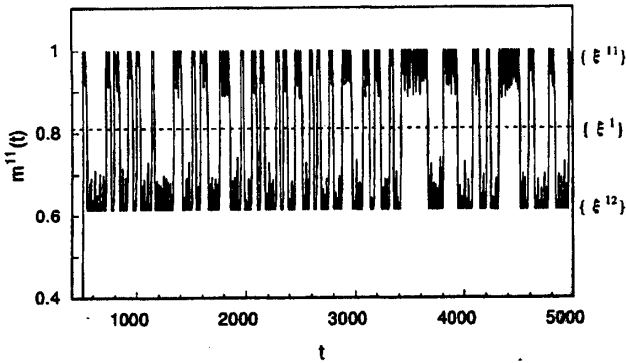


図1 刺激下でのネットワーク状態の経時変化

次に, $\{\xi_i^{12}\}$ の解釈が持続した時間インターバル T をその進行の順 (n) に示したのが図2である. $(T(n), T(n+1))$ をプロットしたリターンマップ (図3) からわかるように, T 値の変動はほぼランダムである.

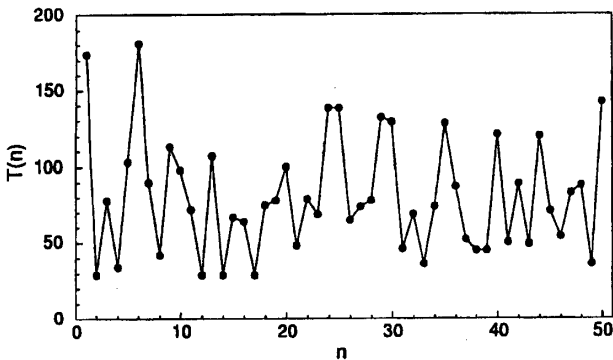


図2 認識持続時間の変動の様子

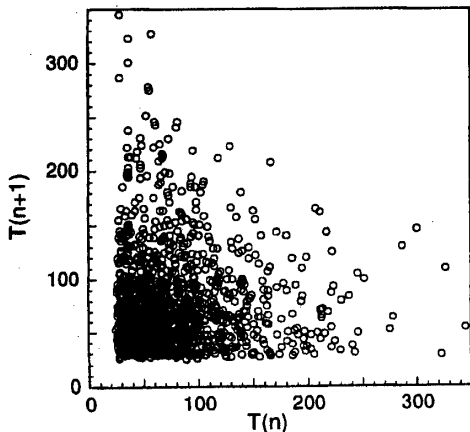


図3 認識持続時間の時差座標マップ

さらに, この T の長さの出現度数分布を $n=1257$ 個 ($t=200000$ の場合) に対して求めたのが図4である. 分布はこれまでの多義図形認知の心理学実験によって指摘されてきたガンマ分布 (図中の実曲線) によくフィットしている.

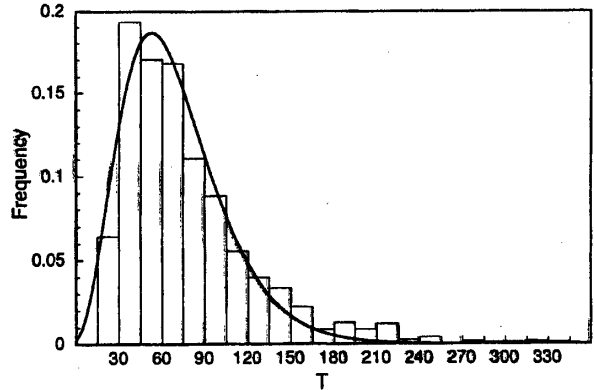


図4 認識持続時間の出現度数分布

4 おわりに

本研究では, ニューロンの持つカオス活性が刺激に対する認知の多安定性を動的にし, 認知ゆらぎを生じさせるという立場から多義図形知覚現象の説明を行った. なお, ネットワーク状態更新のステップ時間 (t) と実際の見えの実時間 (秒) との対応関係など幾つかの検討事項が残されている.

参考文献

- 1) H.Haken : Synergetic Computers and Cognition, Chap. 13, Springer-Verlag (1991) .
- 2) 村田 勉: 視覚認識 (visual awareness) とダイナミクス, 数理科学, No.394, pp.38-47 (1996) .
- 3) N.Matsui, T.Mori : The Efficiency of Chaotic Behavior in Modeling the Human Perceptual-Alternation by ANN, Proc. of IEEE ICNN'95.
- 4) K.Aihara, T.Takabe and M.Toyoda : Chaotic Neural Networks, Phys.Lett., A144, pp.333-340 (1990) .
- 5) 西村治彦, 藤田嘉人, 藤田成隆: カオス・ニューラルネットワークにおける動的記憶想起機構の検討, 日本神経回路学会第5回全国大会講演論文集, pp.104-105 (1994) .
- 6) S.Diederich and M.Opper : Learning of Correlated Patterns in Spin-Glass Networks by Local Learning Rules, Phys.Rev.Lett., 58, pp.949-952 (1987) .