

空間的文脈を再現するカオスニューラルネットワーク

江原 智則†, 前田 義信‡, 牧野 秀夫†

†新潟大学工学部情報工学科

‡新潟大学工学部福祉人間工学科

1. はじめに

ニューラルネットワークは情報の分散型処理に基づく工学的手法であり、これに時間的なフィードバック（ニューロンの不応性）を考慮したカオスニューラルネットワーク（CNN）は動的な情報処理に優れたシステムである[1]。しかし CNN が示すダイナミクス[2]は複雑系[3]のそれであるため、一般的に制御することが難しい。一方、カオスを含む比較的単純な非線形システムの相互結合系は、時空間的に位相同期やカオスを呈する。本研究では CNN の大域的相互結合系を提案し、外部から提示した曖昧な形状パターンが空間的文脈効果を通して制御されていることを示す。

2. カオスニューロンモデル

n 個のカオスニューロンモデル(以下 CNM)から構成される CNN は、出力状態を n 次元ベクトルで表すことができる。CNN の各成分 (i 番目) の CNM の出力は、

$$x_i(t) = f[A_i + \eta_i(t) + \xi_i(t) - \Theta_i], \quad (1)$$

で表される。ここで、出力 x_i は开区間 $(-1, 1)$ の範囲の実数値であり、 f はシグモイド関数、 A_i は外部入力、 Θ_i は閾値、 t は離散時間を表す。 $\eta_i(t)$ 、 $\xi_i(t)$ は、それぞれ時刻 t における不応性と他 CNM からフィードバック入力を表す。これらの時間発展を表す式はパラメータ k 、 κ 、 α 、 β と、 i 番目- j 番目の CNM 間の結合荷重 w_{ij} から、

$$\eta_i(t) = k\eta_i(t-1) - \alpha x_i(t-1), \quad (2)$$

$$\xi_i(t) = \kappa \xi_i(t-1) + \beta \sum_j w_{ij} x_j(t-1), \quad (3)$$

で与えられる。CNN が m 種類のパターンを記憶するとき、式(3)における w_{ij} は、

$$w_{ij} = \frac{1}{m} \sum_m s_i^{(m)} s_j^{(m)}, \quad (4)$$

で定義される。ここで $s_i^{(m)} = 1$ or -1 は、パターン m に対して i 番目の CNM がとる状態である。また、閾値 Θ_i は各パターンの重心とパラメータ μ 、 θ を用いて、

$$\Theta_i = \frac{\mu}{m} \sum_m s_i^{(m)} - \theta, \quad (5)$$

とする。

3. 方法

2章で述べた CNN(10×10=100 個の CNM から構成)をそれぞれ 3 つ並置し、左から順に L 層、M 層、R 層と名づける。図 1 に示す 6 種類のパターン(黒は 1、白は -1 を表す)を用いて、L 層では(A,B,C,12)、M 層では(A,B,C,13)、R 層では(A,B,C,14)の 4 種類を自己相関的に記憶させる(式(4)参照)。同時に、L 層-M 層間において A-B と 12-13 を、M 層-R 層間において B-C と 13-14 を相互相関的に記憶させる。すなわち、A-B-C と 12-13-14 の同時想起が生じ易くなるような結合である。このような CNN 大域的相互結合系において、初期値 $x_i(0) = x$ (ここで $x = -1, -0.5, 0, 0.5, 1$) の計 5 つの空間的に一様な状態に対して、それぞれ 1000 離散時間計算する。パターンの想起回数はその平均値で評価する。同時想起に関しては、3 つの出力ベクトルの方向余弦からそれらの積

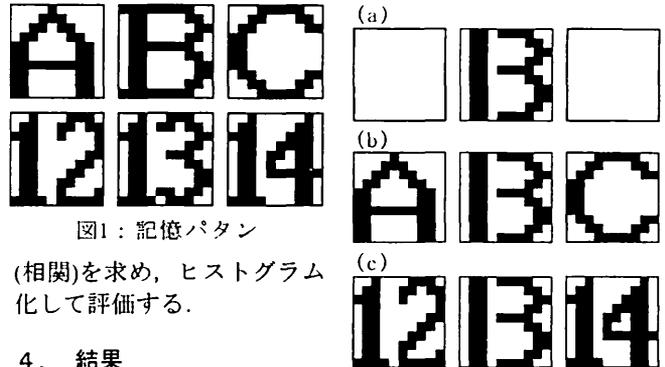


図1: 記憶パターン

(相関)を求め、ヒストグラム化して評価する。

4. 結果

図 2 の外部入力を与えられたときのパターンの平均想起回数を表 1 に示す。各層の同時想起を表す方向余弦の積のヒストグラムを図 3 に示す。

表 1: 各パターンの平均想起回数

	L層				M層				R層			
	A	B	C	12	A	B	C	13	A	B	C	14
(a)	0.2	0	0	0	0	33	0	13	0	0	6	0
(b)	219	0	0	0	0	123	0	8.2	0	0	204	0
(c)	0.4	0	0	175	0	21	0	94	0	0	4.6	192

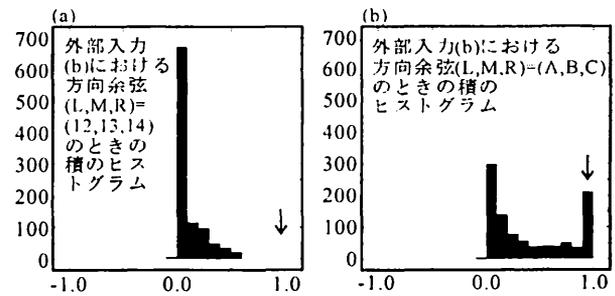


図3: 同時想起のヒストグラム

5. 考察

図 2(a)の M 層に与える入力パターンは、形状的にパターン B とパターン 13 の中間に位置しており、ヒトが評価する際は、B と認識したり 13 と認識したりする曖昧な情報である。一方、図 2(b)や(c)の M 層では(a)と同じパターンが与えられており、ヒトは左右のパターンを通して(b)ではパターン B と、(c)ではパターン 13 と認識することができる。CNN の大域的相互結合系はヒトと同様の認識結果を示した((a)において B は 33 回、13 は 13 回、その他はほぼ 0 回、(b)において B が 123 回、(c)において 13 が 94 回と、他に比して想起回数が多い)。また同時想起に関しては、図 3 の矢印に示すように外部入力に応答した結果が得られた。逆に外部入力(A,B,C)のとき(12,13,14)の同時想起は生じていない。

提案した CNN の大域的相互結合系は、記憶していない曖昧な新規パターンを空間的な文脈関係から正しく認識することができるシステムであることが示された。

参考文献

[1] K. Aihara, T. Takabe and M. Toyoda: Chaotic neural networks, Phys. Lett. A, 144, 6, pp.333-340 (1990)
 [2] M. Adachi and K. Aihara: Associative dynamics in a chaotic neural network, Neural Networks, 10, 1, pp.83-98 (1997)
 [3] 金子, 津田: 複雑系のカオス的シナリオ, 朝倉書店 (1996)