

大脳皮質におけるカオスの遍歴とその意味

津田 一郎 北大・理・数学

嗅球神経回路網のモデルで、カオスの遍歴を観察して使用したモデル方程式は以下のものである。

$$\begin{aligned}\dot{m}_i(t) &= -am_i(t) - bG_{ii}(t)\varphi^g(g_i(t-\tau)) - b_2 \sum_{j \neq i} G_{ij}(t)\varphi^g(g_j(t-\tau)) \\ &\quad + c \sum_j L_{ij}(t)\varphi^m(m_j(t-\tau)) + I_i^m(t), \\ \dot{g}_i(t) &= -dg_i(t) + eM_{ii}(t)\varphi^m(m_i(t-\tau)) + I_i^g(t).\end{aligned}$$

ここで、 m_i は*i*番目の僧帽細胞群の活動度、 g_i は*i*番目の顆粒細胞群の活動度、 G は顆粒細胞群から僧帽細胞群への抑制性結合、 M はその逆の興奮性結合、 I^g は入力(三角波に近い周期外力)である。また、 φ^g, φ^m は、それぞれ顆粒細胞群、僧帽細胞群の入出力関係を表現する非対称シグモイド型関数で、次式で表わされる。

$$\varphi^y(x) = \begin{cases} Q_m^y(1 - \exp[-(e^x - 1)/Q_m^y]) & \text{for } x > u_0^y \\ -1 & \text{otherwise,} \end{cases}$$

$$\text{ここで, } u_0^y = \ln[1 - Q_m^y \ln(1 + 1/Q_m^y)].$$

学習効果をみるために、 G に対する学習方程式を次式で与える。

$$\begin{aligned}\dot{G}_{ij}(t) &= -rG_{ij}(t) + s\varphi^m(m_i(t-\tau))\varphi^g(g_j(t-\tau)), \quad i \neq j \\ \dot{G}_{ii}(t) &= 0, \quad \dot{M}_{ij}(t) = 0, \quad \dot{L}_{ij}(t) = 0.\end{aligned}$$

パラメタ r, s の値は、回路方程式のパラメタの値より十分小さいとする。つまり、学習は、回路の状態変化に比べ十分遅いとする。

$$0 \leq r, s \ll a, b, \dots$$

初期条件の設定は、次のようにする。

$m_i(0), g_i(0)$ は、ランダムに与えられる。 $G_{ii}(0), M_{ij}(0)$ は一様な値を与えられる。 $L_{ij}(0)$ は、ランダムに与えられる。

学習前の入力一周期の間に、互いにコヒーレントに振動するいくつかの細胞群が存在するが、コヒーレントになる群の組み合わせは、時間的に変化する。この動的変化は、リアプノフスペクトル等の計算からカオス的である。学習前はこのようなカオスの遍歴がひんばんにみられる。学習後の入力一周期の間においても上記のカオスの遍歴はみられるが、入力の最大振幅付近で、ほぼ全体がコヒーレントに振動する。また、学習の有無に関わらず、基本周波数は、40Hz 付近に存在する。

以上の結果から、この場合のカオスの遍歴は、細胞群のすみやかな同期と脱同期を行う機構と考えることができる。おそらく動物は、このような機構を使って、においの識別を10msec 程度の時間内に行いその結果を認知に結び付けているのではなかろうか。

参考文献

- 1) I. Tsuda, Behav. and Brain Sci. 6(1993)475.
- 2) I. Tsuda and G. Barna, in *Towards the Harnessing of Chaos*(ed. M. Yamaguti, Elsevir, 1994)47.
- 3) I. Tsuda, T. Hashimoto, A. Yamaguchi and K. Goto, in the *Proc. of the 3rd International Conference on Fuzzy Logic, Neural Nets and Soft Computing*(1994)55.