21pVB-1 非局所的結合を持つ神経場における興奮パターンのダイナミクス

早大理工　峯秀行、相澤洋二

Excitation pattern dynamics in nonlocal interacting neural fields

Hideyuki Mine and Yoji Aizawa
Department of Applied Physics, Advanced School of Science and Engineering, Waseda University

脳におけるニューロンの興奮の伝播や､パターン形成は脳の情報処理において重要な役割を果たしており、これまでにも多くの研究が行われてきた[1]。

ニューロンには大別すると､興奮性ニューロンと抑制性ニューロンという個性の異なる 2 つのニューロンがあり､それぞれが非局所的に相互作用することで脳が高度な機能を有していると考えられる。しかし、従来行われてきた計算モデルによる研究[2]では興奮性ニューロンと抑制性ニューロンの役割､及びニューロン同士の相互作用の非局所的な効果については充分な研究がなされていないのが現状である。そこで、本研究では多数のニューロンからなる脳の構造を神経場、すなわち連続体として捉え神経場における興奮パターンを非線形偏微分-積分方程式によるモデルを用いて表し、以上の 2 点について考察する。

ここで、今回主に解析したモデルを以下に示す。

$$\frac{\partial u(x,t)}{\partial t} = k_1 u(u_0 - u)(u - u_c) + \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\left|\frac{y}{R_{ee}}\right|\right)\{u(x+y) - u(x)\}\,dy - \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\left|\frac{y}{R_{ie}}\right|\right)\{v(x+y) - v(x)\}\,dy - f_u u \int_0^t \exp\left(-\frac{t-t'}{T_u}\right) u(x,t')\,dt'$$

$$\frac{\partial v(x,t)}{\partial t} = k_2 v(v_0 - v)(v - v_c) + \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\left|\frac{y}{R_{ei}}\right|\right)\{u(x+y) - u(x)\}\,dy - \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left(-\left|\frac{y}{R_{II}}\right|\right)\{v(x+y) - v(x)\}\,dy - f_v v \int_0^t \exp\left(-\frac{t-t'}{T_v}\right) v(x,t')\,dt'$$

u,v はそれぞれ興奮している興奮性、抑制性ニューロンの割合に比例する量である。上述の 2 点について考察するため､モデルにおいて興奮性ニューロンと抑制性ニューロンの存在比率､ニューロン同士の非局所的相互作用の特性距離である R､興奮の時間スケールを表す T の値をそれぞれ変化させ､それに伴う興奮パターンの変化を相図によって分類し､興奮波の伝播速度、高さの変化についても調べた。更に､上式の近似式である反応拡散方程式による興奮パターンのモデルを解析して得られた結果と今回の結果を比較することによって､ニューロンの非局所的相互作用の効果を鮮明にする。

[1] S. I. Amari, Biol.Cybern **27**, 77 (1977).
[2] H. R. Wilson and J. D. Cowan, Kybernetik **13**, 55 (1973).