

## 複数のエージェントにより形成されるネットワークの統計的性質

早大先進理工 三戸亮平, 相澤洋二

Statistical properties of networks generated by multi-agent

Ryohei Mito and Yoji Aizawa

Department of Applied Physics, Advanced School of Science and Engineering

Waseda University

ニューロンには興奮性ニューロンと抑制性ニューロンがある。この 2 種類の存在と脳内の複雑なネットワーク構造により、2 種の個数の比率に応じて様々な高度な機能が生じている可能性がある。

本研究では、2 種類のニューロンの比率や、ニューロン同士が形成しているネットワーク構造に依存して発火パターンなどにどのような振舞いの違いが生じるのかを解明することを目的とする。そこでニューロンを頂点とし、興奮性と抑制性、つまり 2 種類の頂点から成るネットワークを考え、ネットワークの形成過程及びそれに依存した発火過程について調べる。

### 1. ネットワークモデルの形成

以下のようなネットワークハミルトニアン[1]を定義する。

$$H = -J_E \sum \sigma_{ij} \sigma_{ik} - J_I \sum s_{ij} s_{ik} - J_{EI} \sum \varepsilon_{ij} \varepsilon_{ik} - h_E \sum \sigma_{ij} - h_I \sum s_{ij} - h_{EI} \sum \varepsilon_{ij}$$

$\sigma_{ij}$ ,  $s_{ij}$ ,  $\varepsilon_{ij}$  はそれぞれ  $i$  番目と  $j$  番目の興奮性ニューロン同士、抑制性ニューロン同士、興奮性ニューロンと抑制性ニューロンとが結合しているとき 1、していないとき 0 をとる変数である。また、 $J_E, J_I, J_{EI}$  はそれぞれのネットワーク形成における頂点間の相互作用の強さ、 $h_E, h_I, h_{EI}$  は磁場に類似した外部因子パラメータである。このハミルトニアンでモンテカルロシミュレーションを行い、各パラメータを変化させることにより得られたネットワークの形態特性量（平均次数、最短再帰距離など）を調べる。

### 2. ネットワーク上のダイナミクス

先に形成したネットワーク上で以下の Hopfield 型のモデルを導入する。

ニューロンの状態を興奮、非興奮の 2 種類の状態のみとして、 $i$  番目のニューロンに変数  $\sigma_i$  (1 のとき興奮、0 のとき非興奮) を割り当てる。そして、時刻( $t+1$ )における  $i$  番目のニューロンの状態を以下の式に従い決定する。

$$\sigma_i(t+1) = \frac{\text{sgn} \{ T_{ij} \sigma_j(t) - h \} + 1}{2} \quad \{\text{sgn}(x) = 1 \ (x \geq 0), \ -1 \ (x < 0)\}$$

ここで  $T_{ij}$  は  $j$  番目のニューロンから  $i$  番目のニューロンへの結合の強さであり、興奮性のとき  $T_{ij} > 0$ 、抑制性のとき  $T_{ij} < 0$ 、結合していないとき  $T_{ij} = 0$  をとる。また、 $h$  は閾値である。この式を数値計算することで、平均次数や最短再帰距離などのネットワーク構造の違いがニューロンの発火パターンや、定常状態に至るまでの時間にどのように影響を及ぼすかについて調べる。

興奮性ニューロンと抑制性ニューロンの個数の比やその構造を変えることによって、抑制性ニューロンが全体に与える影響について発表する。