

シナプス可塑性に学ぶネットワーク回路構造の自己組織化 - 位相振動子結合系による解析 -

Self-organized oscillator network by activity-dependent interactions

○ 青木高明 (香川大教育)

○ Takaaki Aoki (Kagawa University)

E-mail: aoki@ed.kagawa-u.ac.jp

神経ネットワークにおけるシナプス結合の可塑性は脳の学習・記憶の神経基盤であり、これまで多くの実験的知見の積み重ねがある。特に 1997 年に Spike-timing-dependent plasticity (STDP) という現象が発見され [Bi&Poo 97], パルス的な神経発火活動 (Spike) の活動タイミングに応じて、ニューロン間を繋ぐ結合が増強・減弱されることが知られている。この発見を契機にネットワーク全体として STDP がどのように働くのか、そしてネットワークはどのように構造化されていくのかという問題が提起され、今なお研究が進められている。この問題を困難にしている点は神経細胞モデルが多次元非線形方程式であり、さらに可塑性ルールやネットワーク形状等の多数のパラメータがあるため、煩雑で見通しがきかず統一的な議論ができていないことである。

この課題に対して、本発表では数理的に取り扱いやすい力学系の導入と解析に取り組んだ。具体的には発火タイミングを表現可能な基本運動としてリズム現象に注目することで、神経細胞モデルを 1 次元位相振動子に系統的に縮約し、結合変化を伴う位相振動子系を導入した。これは、結合系としての位相振動子系の発展方程式と結合ネットワークの発展方程式から成り、少数のパラメータで規定される力学系である [図 1 を参照]。これまでの研究成果として、定常状態を系統的に 3 つに分類できることを示した (2 クラスタ・コヒーレント・カオス状態)。また相互情報量により 3 状態の情報表現能力を定量化することで各状態に機能的意味を与え、神経系の実験報告等との対応を調べている。

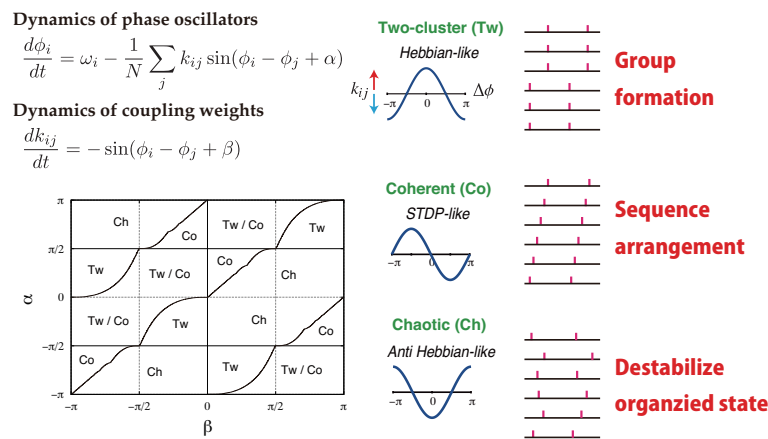


図 1: Self-organized oscillator network by activity-dependent interactions.

- [1] Takaaki Aoki and Toshio Aoyagi, *Physical Review Letters*, Vol. 102, 034101 (2009).
- [2] Takaaki Aoki and Toshio Aoyagi, *Physical Review E*, Vol. 84, 066109 (2011).
- [3] Takaaki Aoki, *Neural Networks*, vol. 62, 11-19 (2015).
- [4] Keiji Miura and Takaaki Aoki, *Neural Networks*, vol.62, 20-24 (2015).
- [5] Francesco Scafuti, Takaaki Aoki, and Mario di Bernardo, *Physical Review E*, vol.91, 062913 (2015).