

論文の内容の要旨

論文題目 Self-organization through spike-timing dependent

plasticity based on spatiotemporal coding

(時空間情報コーディングのためのSTDPによる自己組織化)

氏名 秋光 淳生

近年、より精緻な時間精度に基づく実験結果からスパイクタイミング依存型学習 (STDP) と呼ばれるシナプスの可塑性が観測されている。この STDP に基づいて新しい自己組織化モデルを提案する。

繰り返される変動刺激に対して、神経細胞がミリ秒単位の精度同じ振る舞いをすることが多くの実験によって報告されている。モデル研究を通じて、このように同一の入力を繰り返し用いて、STDP により学習させた場合には、最も早く到着するパルスに対するシナプス結合が強化されることが示されている。また、モデル研究によって、多くの同期した神経細胞は、その同期している数が十分に多く、またその同期の程度が十分に高ければ、ノイズのある状況であっても、全結合層状ネットワークにおいて安定に伝播することが示されている。そこで、このような観点から、同期したニューロン集団の発火が脳において情報を表現していると考え、このような同期したニューロン集団の発火を入力パターンとして用い、STDP が、シナプス結合の中で最適な長さの結合遅延を持つ結合を強化することで自己組織化を行うモデルを構築する。

最初に、大脳皮質の構造を模したネットワークを用いて、最も短い結合遅延を持つ結合のみを強化することで自己組織化が行われることを示す。また、このモデルにおいて、局所的に同期した入力パターンに対してトポロジカルマップが形成されることを示す。

次に、自己組織化を通じて、入力の発火集団の同期の程度が高い場合に、結合遅延の持つばらつきを反映して、巨視的には連続的でありながら、局所的には分散した発火パターンが自己組織化することを示す。この振る舞いは IT ニューロンの振る舞いを説明するモデルとなっている。

最後に、遠方との相互作用を考慮に入れた自己組織化モデルの振る舞いを述べる。空間的にばらついた入力パターンを受けると、短い結合遅延を持つ興奮性の側結合は、このようにばらついた入力を、空間的に連続で同期した発火パターンへと自己組織化するように作用する。このとき、興奮性の側結合の中に、結合遅延の長いシナプス結合が適度な割合で存在している時、このような束状のクラスター発火が空間的に滑らかに変化するようなトポロジカルマップが形成されることを示す。

「脳において情報がどのように符号化され、処理されているのか」ということは脳研究において重要な問題である。ここで示した結果は、時間的な発火頻度という情報が同期している集団の空間的な頻度へと変換され、神経細胞はより精緻な時間情報と空間的な発火頻度の両方の情報を利用して情報処理を行っていることを示唆している。