

インビボでの周波数依存性シナプス可塑性の数理的解析

Mathematical analysis of the frequency-dependent synaptic plasticity in vivo

1. 国士舘大スポ医、2. 国士舘大防災研、3. 数理医科研、4. 東理大物理、5. 東理大応物

○羽田 克彦^{1, 2, 3, 4}、荒木 修⁵、坂 達也^{2, 3}、横井 修^{2, 3}、二国 徹郎⁴**S&MS, Kokushikan Univ.¹, DPEMS, Kokushikan Univ.², Res.Cent. for Math.Med.³, Phys.TUS⁴,
Ap.Phys.TUS⁵**°Katsuhiko Hata^{1,2,3,4}, Osamu Araki⁵, Tatsuya Saka^{2,3}, Osamu Yokoi^{2,3}, Tetsuro Nikuni⁴**E-mail: khata@kokushikan.ac.jp**

神経情報処理のための2つの要素、すなわちニューロンの発火率およびスパイクタイミングが現在提案されている。シナプス可塑性の場合、シナプス前およびシナプス後スパイク時間に依存するスパイクタイミング依存可塑性 (STDP) が最も一般的なシナプス可塑性則と考えられていたが、最近の研究により、インビボ脳は STDP の鍵である正確なスパイクタイミングにとっては不都合な環境であることが分かってきた。よって、インビボでのシナプス可塑性における発火頻度の重要性が再び認識されてきている。しかし、発火パターンの変化、細胞内パラメータの違い、内部ノイズなどインビボに特徴的な因子が周波数依存性シナプス可塑性 (FDP) に関与しているかは未解明のままである。そこで我々は、シナプス前入力パターン、細胞内カルシウム崩壊時定数およびバックグラウンドシナプス活性に焦点を当てた。これらはニューロンの種類、脳内の解剖学および生理学的環境によって異なる。“calcium based model”を解析することにより、たとえばニューロンが同じ入力頻度で刺激されたとしても、上記の3つによりシナプス荷重が異なることが分かった。この知見により、FDP さらには in vivo での神経コーディングにおける入力頻度以外の多面的要因の関与が示唆された。

Two elements for neural information processing are currently proposed, that is, firing rate and spike timing of neurons. In the case of synaptic plasticity, although spike-timing-dependent plasticity (STDP) depending on presynaptic and postsynaptic spike times had been considered the most common synaptic plasticity rule, recent studies have shown the inhibitory nature of the brain in vivo for precise spike timing which is key to the STDP. Thus, the importance of the firing frequency in the synaptic plasticity in vivo has been recognized again. It is poorly understood, however, whether in vivo characteristic factors such as the variation of firing pattern, the difference of intracellular parameters and internal noise are involved in the frequency-dependent synaptic plasticity (FDP). Here, we focused on the presynaptic input pattern, the intracellular calcium decay time constants and the background synaptic activity, which vary depending on neuron types, anatomical and physiological environment in the brain. By analyzing “calcium based model”, we found that the synaptic weight differs depending on them even if neurons receive the same input rate. This finding suggests an involvement of multifaceted factors other than input frequency in FDP and even neural coding in vivo.