

## 4 日目：単一細胞と局所回路のダイナミクス

担当：深井朋樹・伊藤浩之

### 1. ねらい

ここでは脳神経回路を構成する基本要素である単体ニューロンやそのシナプス結合のダイナミクスについての理解の深化を目指す。さらに大脳皮質における局所回路の解剖学的構造や電気生理学的特徴、さらにそこで見られる神経発火の同期モデルや理論的解析手段について講義する。

### 2. 各講義の関連

- |                              |               |
|------------------------------|---------------|
| (1) 単一神経細胞の電気生理とモデル          | Youngnam Kang |
| (2) 単一細胞とシナプス可塑性のダイナミクス      | 深井朋樹          |
| (3) 大脳皮質の局所回路                | 金子武嗣          |
| (4) ニューロン・ネットワークのダイナミカルな振る舞い | 青柳富誌生         |

(1) では主に大脳皮質の錐体細胞を中心に、神経細胞の持つ種々のイオン電流とそれが生み出す多様な電気生理学的性質について学ぶ。基本的実験解析手法として細胞内記録法や薬理学的手法との組み合わせについて講義する。また多種のイオン電流を取り込む数学的モデル化について議論する。

(2) では単一ニューロン間の相互作用や学習形態を決定するシナプスでの信号処理に関して、ダイナミック・シナプスや非対称 LTP/LTD などの最近の実験的知見を中心に紹介する。また理論的推測を交え、そのようなシナプス結合でのダイナミックな情報処理が創出する情報処理についての考察を行う。大脳皮質は情報処理のモーダリティにあまり依存しない回路構造を持つことが知られている。

(3) では多種の興奮性、抑制性ニューロンにより構成される大脳皮質局所回路の解剖学的構造や電気生理学的性質に関して、現在までに得られた知見を講義する。特に遺伝子操作などを含む最新の実験的手法などについても講義の中で紹介し、それによって明らかになった事実や現手法の限界などについて考察する。

(4) では単体の神経細胞や、局所神経回路などがさらに相互結合をする場合について考える。そのような大規模神経回路での発火状態を位相振動子法などにより理論的に調べる手法を議論し、具体的問題への適用例などを紹介する。特に 40 Hz の同期振動解や非同期解の存在や安定性を議論する。

### 3. 論点

いわゆる 0-1 のスピンモデルが単純すぎると考える研究者は、次の段階として積分発火型ニューロンによるスパイク機構を考慮したモデルを考えるだろう。しかし積分発火型ニューロンですら実際のニューロン(Hodgkin-Huxley 型ニューロン)を極めて大胆に線形化したモデルにすぎず、問題によっては良い近似を与えるとは限らない。神経回路をモデル化してその機能を論じる場合、そこで使われる数学的記述のレベルには多様性があり、記述のレベルに応じた適用限界が存在するであろう。むろん全てを取り入れたモデルを作ることは不可能であるし、また出来たとして本質的理解を助けるものになり得るか甚だ疑問でもあるが、そのような限界を常に念頭に置く必要はあるだろう。その認識を持っていただければ幸いである。

### 4. 参考文献

- Tsodyks M and Markram H (1997) The neural code between neocortical pyramidal neurons depends on neurotransmitter release probability. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 94: 719-723.
- Bi, G-q., & Poo, M-m. (1998) Synaptic modifications in cultured hippocampal neurons: dependence on spike timing, synaptic strength, and postsynaptic cell type. J Neurosci. 18: 10464-10472.
- D.Hansel, G. Mato and C. Meunier (1995) Synchrony in Excitatory Neural Networks, Neural Comp. 7, 307.