

週報

2024/07/08

平岡立成

1 先週やったこと

- 『神経回路シミュレーション』山崎匡 読み進め
- Hodgkin-Huxley 方程式にガウスノイズを入れた研究のサーチ

2 志望理由書・研究計画書の概要

(PDF 参照)

第 3 章 神経回路シミュレーション入門

ニューロンとシナプスの微分方程式による記述と，常微分方程式の数値解法を説明したところで，実際にシミュレーションのプログラムを作成していく．

3.1 ホジキン・ハクスレーモデルのシミュレーション

3.2 積分発火型モデルのシミュレーション

3.3 その他のニューロンモデル

3.3.1 イジケヴィッチモデル

HH モデルは膜電位とゲート変数 3 つの，4 変数を用いるモデルであり，LIF モデルは膜電位の 1 変数のみを用いるモデルであった．いずれも複雑な挙動をさせるためには新たに電流を追加する必要がある，新たに変数を用意する必要がある．変数が増加するほど計算がグク雑となり，計算時間もメモリの必要量も膨大となった．

そこで，単一ニューロンの挙動を数値的に解析した Eugene Izhikevich は，2 変数 からなるニューロンモデルを開発した [61,62]．イジケヴィッチモデルとよばれるこのモデルは，以下の式で記述される。

$$C \frac{dV}{dt} = k(V(t) - E_{\text{leak}})(V(t) - E_t) - u(t) + I_{\text{ext}}(t)$$
$$\frac{du}{dt} = a(b(V(t) - V_{\text{leak}}) - u(t))$$

ここで， C はキャパシタンス， $V(t)$ は時刻 t の膜電位， E_{leak} は静止電位， E_t は膜

電位の上限を表す閾値電位， $u(t)$ は復帰電流とよばれる内部パラメータ， k, a, b は定数である。膜電位 $V(t)$ が閾値 θ を超えるとニューロンはスパイクを発射するものとし，かつ $V(t)$ と $u(t)$ をそれぞれ c と $u(t) + d$ にリセットする。ここで，定数 c はリセット電位， d は過分極の強度を表す．変数は $V(t)$ と $u(t)$ の 2 つだけだが，定数 $a - d$ を変化させることで，このモデルは実際のニューロンが示す様々な挙動を再現することが可能

である (図 3.9)。

- C : キャパシタンス
- $V(t)$: 時刻 t の膜電位
- E_{leak} : 静止電位
- E_t : 膜電位の上限を表す閾値電位
- $u(t)$: 復帰電流 (内部パラメータ)
- k, a, b : 定数
- $v(t)$ [mV]: 時刻 t における膜電位
- τ [ms]: 時定数^{*1}
- V_{rest} [mV]: 静止電位
- R [MΩ]: 膜の抵抗
- $I_{\text{ext}}(t)$ [nA]: 外部電流
- θ [mV]: スパイクを発射する閾値
- V_{reset} [mV]: リセット電位
- V_{init} [mV]: 膜電位の初期値

3 今週やること

- ??
- ??

参考文献

- [1] Henry C. Tuckwell, “Spike trains in a stochastic Hodgkin-Huxley system (確率論的 HH におけるスパイク列)” Biosystems, 2005, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0303>

^{*1} ある値に変化するまでにかかる時間