

神経スパイク発火の非ポアソン性を用いた情報伝達

小山 慎介

統計数理研究所

神経スパイク発火信号の発生は一般に不規則であり、観測されたスパイク時系列から発火率変動を推定することは容易ではないが、スパイク発火の非ポアソン性を適切にモデル化することで、変動を緻密にとらえることができる。本発表では、非ポアソン性を考慮に入れた経験ベイズ推定を経路積分法を用いて解析し、推定可能な最小の発火率変動がスパイク間隔の変動係数 C_V にスケールされることを示す。

$\{t_i\} \equiv \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ を区間 $[0, T]$ に観測されるスパイク時系列とし、 $\lambda(t)$ を時間変動する発火率とする。 $\lambda(t)$ を発火率にもつスパイク時系列の確率密度関数を $p_\kappa(\{t_i\}|\{\lambda(t)\})$ とする。ここで κ はスパイク発火の局所的な規則性を表すパラメータであり、 C_V に関連づけられるものとする。推定のため、発火率変動の滑らかさについての事前分布

$$p_\gamma(\{\lambda(t)\}) = \frac{1}{Z(\gamma)} \exp\left(-\frac{1}{2\gamma^2} \int_0^T (d\lambda/dt)^2 dt\right) \quad (1)$$

を導入する。ここで γ は $\lambda(t)$ の滑らかさを表すパラメータである。観測データ $\{t_i\}$ からの $\lambda(t)$ の推定は、ベイズの公式より導かれる事後分布

$$p_{\kappa,\gamma}(\{\lambda(t)\}|\{t_i\}) = \frac{p_\kappa(\{t_i\}|\{\lambda(t)\})p_\gamma(\{\lambda(t)\})}{p_{\kappa,\gamma}(\{t_i\})} \quad (2)$$

に基づいておこなわれる。また、パラメータ κ と γ の値は、周辺尤度関数

$$p_{\kappa,\gamma}(\{t_i\}) = \int D\{\lambda(t)\} p_\kappa(\{t_i\}|\{\lambda(t)\}) p_\gamma(\{\lambda(t)\}) \quad (3)$$

を最大化するものを選ぶ。以上が経験ベイズ法の処方箋である。本発表では、式(3)の経路空間における周辺化を経路積分法によって評価し、経験ベイズ法の振る舞いを解析した結果を報告する。