

プロジェクト名：神経伝達物質の数理機構を用いたスパイク予測

プロジェクト代表者：藤原 寛太郎（理工学研究科・助教）

## 1 研究の目的

神経伝達物質とは、シナプスにて情報伝達を介在する物質である。その放出は、情報伝達する化学信号として中枢から抹消までほぼ共通した手段として用いられている。その化学信号は、電気信号に変換され神経細胞内を伝播する。これまでの神経伝達物質の数理モデル研究により、その興奮性/抑制性の特性による神経スパイク発火率の増減への影響が数理的に明らかとなった。しかし、近年電気生理学実験によって神経伝達物質がスパイク波形や閾値下振動へ与える影響が発見されつつあるものの、その数理機構はいまだ解明されていない。そこで、本研究では、神経伝達物質系の数理モデルと実スパイクとの対応関係を厳密に検証し、その数理機構を明らかにすることで、その情報表現に果たす新たな役割や生理学的示唆を得ることを目標とする。

## 2 研究の進め方

以下の2つの方法を並行して同時に進めることで問題へのアプローチを行った。

- ① 神経伝達物質が及ぼすシナプス電流への影響を調べ(=入力)、それと神経スパイクの波形及び膜電位の閾値下振動(=出力)との関係を精査することで、神経伝達物質系の数理モデルを構築する。
- ② 数値実験により、①で得られた数理モデルを用いたスパイク予測を行う。

以上のアプローチにより、神経伝達物質系の数理機構を記述し、その情報表現に果たす役割を明らかにすることが可能となると同時に、それを用いて従来の予測手法よりも精度の良いスパイク予測が可能となると考えられる。

## 3 研究の成果

これまで不透明であった神経伝達物質系のスパイク波形や閾値下振動へ与える影響を調査した。特に、神経伝達物質の種類や時定数の変動がスパイク間隔分布へ与える影響に注目した。

まず、神経伝達物質の種類がスパイク間隔分布に与える影響を調べた。その結果、従来一定であると考えられていた興奮性の神経伝達物質と抑制性の神経伝達物質のバランスが、時間的に変動することで多様なスパイク発火パターンが実現できることを示した。

また、神経伝達物質のコンダクタンスの時間スケールが変化するときのスパイク発火パターンの変動を調べた。その結果、生理学的に妥当なパラメータ領域では実験で得られるスパイク発火分布を再現できず、先に示した動的に変動する興奮-抑制バランスを導入することで再現できることを示した。

よって、神経伝達物質系の興奮性と抑制性のバランスが一定ではなく動的に変化しているものと考えられる。このことから、神経細胞のスパイク発火に見られるリズム現象が、平均入力だけでなく神経細胞のコンダクタンスの変化によって生み出しうることを、神経情報符号化において神経細胞内部の積分機構が寄与しうることを、などの新たな知見がもたらされた。