

学歴・学位・職歴

学歴：豊橋技術科学大学大学院 工学研究科 博士後期課程
学位：博士（工学）

研究シーズ

神経情報処理、視覚情報処理

研究キーワード

神経回路モデル、網膜情報処理、知能センシング

産官学連携実績

【外部研究費獲得】
科学研究費助成事業



研究室HP



Researchmap

Ishihara Akito
石原 彰人

工学部 機械システム工学科 教授

SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS



私たちは持続可能な開発目標 (SDGs) を支援しています。

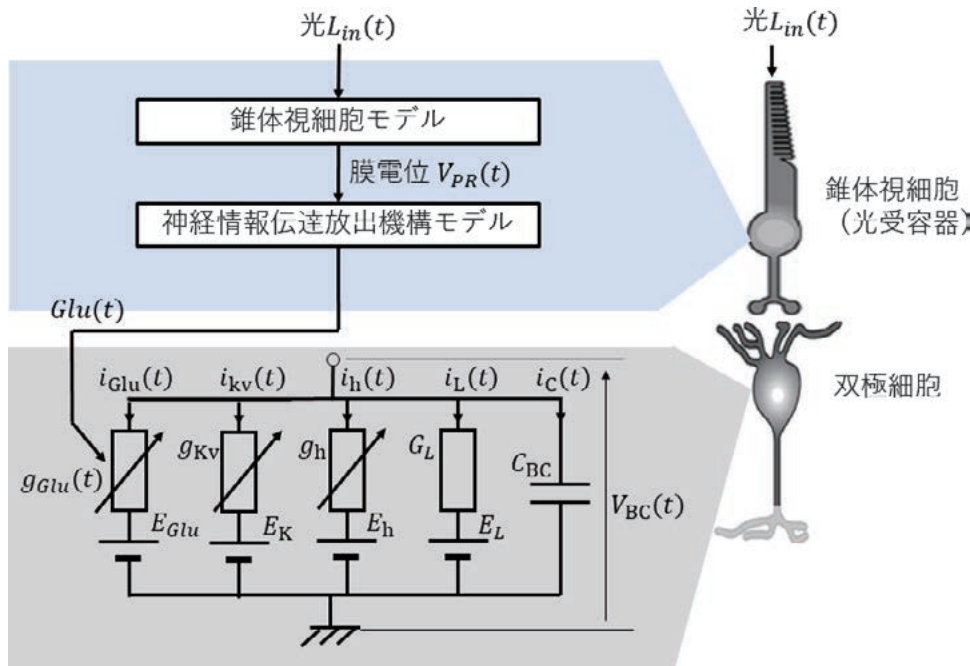
細胞やシナプスの数理モデル化と神経情報処理

様々な細胞の諸特性を決める細胞機構は、電気生理実験などによって明らかにされてきています。細胞機構は細胞を形作る重要な部品ですが、それらが細胞という一つのシステムにおいてどんな機能を発揮するかは電気生理実験のみで明らかにすることは困難です。細胞機構を数理モデル化し統合することで、それぞれの機構が細胞の諸特性に果たす役割を明らかにすることが可能になります。

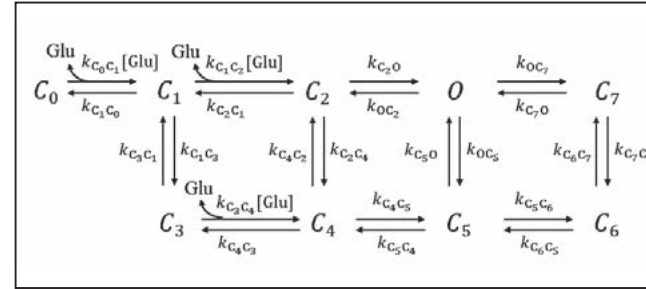
当研究室では、網膜を入口とした視覚神経系に関して、その細胞機構に基づいた数理モデルの構築と、それを利用したシミュレーション解析による神経情報処理機能の解明を進めています。この研究手法において、神経系を構成する神経細胞での電気生理実験結果に基づき、その電気的特性を十分に表現できる数理モデルとして、図1に示した形の等価回路で表現されるイオン電流モデルや、図2に示した反応モデル、細胞内の濃度変化を表現するコンパートメントモデルへと定式化します。これらによって図3に示すような神経細胞膜上のイオンチャネルを介して流れるイオンの流れや、細胞内で起こるイオン濃度変化、シナプス伝達機構が記述されます。こうしたモデルをシステムとして統合化することで、図4に示すように生理実験では困難な条件での特性を詳細に解析したり、システムを構成する各要素が、システム全体の振る舞いへどういった影響を及ぼすのかが明らかにしていきます。最近の人工知能研究に用いられるニューラルネットワークの多くは神経回路における計算過程を単純化したモデルです。本研究室で構築する数理モデルは、より生体における実際の神経細胞をコンピュータ上に実装するものであり、未だ不明確な部分も多い生体内での神経情報処理を詳細に明らかにしていくことを目的としたものに相当します。

特に最近では、脳の学習のメカニズムに深く関わっているシナプスの伝達特性に注目した研究を実施しています。そこにはカルシウムイオンの細胞内への流入から神経情報伝達物質の放出、レセプタによる受容などのシナプスというマイクロ構造の中で、様々な細胞機構が相互作用しながら神経細胞間の情報伝達が行われています。現在は、こうした機構と神経系の情報処理との関係について数理モデルを用いて解明することを手掛けています。

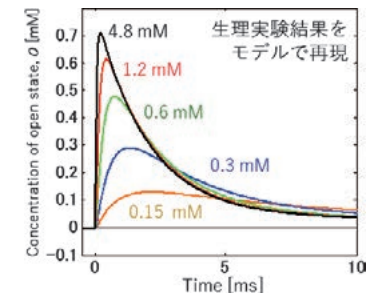
① 網膜視細胞-双極細胞の神経回路モデル



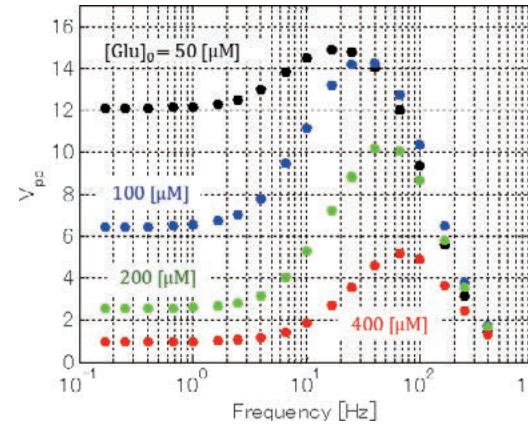
② AMPA型グルタミン酸レセプタの反応モデル



③ シミュレーション結果の例：グルタミン酸で生じる電流応答



④ シミュレーション結果の例：神経回路モデルの周波数特性



時間的にサイン波状に明暗が変動する光に対する応答

[Glu]₀が高いほど平均輝度が暗い条件に相当する

明調時：低周波信号が残る
暗時：バンドパス特性が強くなる

シナプス順応を通じて情報伝達特性が最適化されている

期待される効果・応用分野

こうした研究を通じて得られる技術は、網膜や脳神経系で実現されている視覚情報に対する前処理機能を備えた知能デバイスやビジョンチップを開発していくために必要な技術です。また、電気生理レベルでの詳細な数理モデルは、副作用の検証にシミュレーション解析による検証など創薬分野への応用も考えられます。さらに、そうした数理モデルを上手く利用することで、教育用の教材開発などにも応用できると考えています。

産業界へのPR

神経細胞に限らず生体システムは数理モデル化して捉えることで様々な諸問題を明らかにすることが可能です。モデリングシミュレーションによるアプローチにご興味をもちましたらよろしくお願致します。

また、演算アルゴリズムや情報処理メカニズムのハードウェア化を目指すことで膨大な演算が必要なプロセスの高速化だけでなく、そこから新たな製品開発につながるのではないかと考えています。

■ 代表的な論文・知財

- 1) 網膜 ON 型双極細胞の光応答に伴う多相性伝達物質放出に関するシミュレーション解析, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J90-D, pp.126-137 (2007).
- 2) Simulation Analysis of Temporal Coding by Ionotropic Glutamate Receptors of Retinal OFF-type Bipolar Cells, Sensors and Materials, Vol.30, No.2, pp.299-313 (2018).