

視覚系において、網膜は最初に外界からの情報を受け取る神経組織であり、光受容のみならず、運動検出やコントラストの増強、光順応などの情報処理を行う。情報は、神経細胞間にあるシナプスと呼ばれる構造で伝達される。網膜の特徴は、伝達物質を介する化学シナプスのみならず、ギャップ結合による電気シナプスが豊富に存在していることである。本論文は、視覚系の情報処理において、網膜の第2次神経細胞である双極細胞間のギャップ結合の機能について実験的に検討したものであり、全7章から構成されている。

第1章では、網膜における電気シナプスに関する従来知見を概観し、本研究ではキンギョ網膜のMb1型双極細胞を用いることの利点を示した。

第2章では、本研究で用いた実験手法（電気生理学的実験、トレーサー結合実験、コンピュータ・シミュレーション等）について詳細に説明した。

第3章では、電気生理学的実験及びトレーサー結合実験の結果、Mb1型双極細胞は樹状突起間でギャップ結合を形成していること、また、ギャップ結合には電位依存性や整流性が無く、ローパス・フィルターの周波数特性を持っていること、を明らかにした。

第4章では、2次元のMb1型双極細胞ネットワーク・モデルを構築してコンピュータ・シミュレーションを行い、ギャップ結合のコンダクタンスを推定した。

第5章では、Mb1型双極細胞のギャップ結合を介する情報伝達を電気生理学的に検討した結果、近隣にあるMb1型双極細胞同士の自発性膜電位変動は同期しており、ノイズの低減に役立っていることを明らかにした。さらに、ギャップ結合した電氣的ネットワークでは、Ca²⁺スパイクによる広範な側方情報伝達が行われているという新たな知見を得た。

第6章では、Mb1型双極細胞から神経節細胞への化学シナプス伝達を調べた結果、双極細胞間の電氣的ネットワークを介する時間遅れを伴う側方情報伝達が、神経節細胞に非常に長い応答を引き起こすことを明らかにした。

第7章では、Mb1型双極細胞間のギャップ結合を介するCa²⁺スパイクによる能動的な側方情報伝達の機能的意義について総合的に検討し、視知覚との関連性について考察した。

本論文は、網膜のMb1型双極細胞間の電気シナプスが信号の同期やノイズの低減といった受動的な情報伝達のみならず、Ca²⁺スパイクを使った能動的な情報伝達を行っているという新知見を報告している。従来、電気シナプスは情報伝達に時間遅れがほとんどないことが特徴であるとされてきたが、本論文は電気シナプスでCa²⁺スパイクによる遅延を伴った情報伝達が行われるという、これまで予想もされてこなかった新たな機能を明らかにした。このような神経機構がどのような視覚現象の神経基盤になっているかについてはさらなる検討が望まれるが、視覚神経科学への貢献は大きい。本審査委員会は、本論文が博士（心理学）の学位を授与するのにふさわしいものであるとの結論に達した。