

専攻	システム情報学	学籍番号	905401	指導教官氏名	臼井 支朗
申請者氏名	河合 房夫				吉田 辰夫

## 論 文 要 旨

論文題目	網膜外網状層シナプス順応機構の生理工学的研究
------	------------------------

(要旨 和文 1,200字程度)

(1)

網膜には、 $10^{10}$ 倍以上の極めて広範囲に亘る光強度変化を受容できる優れた順応機構がある。すなわち、網膜は順応光強度に合わせて動作レンジを変化させることにより、光強度変化に対する分解能を向上させる機能がある。

従来、こうした視覚系の順応機構に関する研究は、電気生理学、生物物理学、生化学等の分析的アプローチをはじめ、心理物理学等の現象論的アプローチなど、様々な分野で検討されてきた。しかしながら、電気生理学等によって得られたミクロな知見と心理物理学等のマクロな知見との間の関係はきわめて曖昧であるという問題がある。これは、分析的アプローチにおいては、神経系の素子レベルの特性である膜特性、シナプス特性を詳細に解析するのみであり、そうした個々の特性が神経系という超複雑なシステムにおいてどのように機能するかについては十分に検討されていないためである。そこで、本論文では、素子レベルの知見を忠実にモデル化し、それを基にシステムレベルのシミュレーション解析を行う生理工学的手法を用いて、網膜の光順応機構を解析した。

さて、こうした網膜における光順応は、従来より、視細胞外節の順応機構が主要な役割を果たしていると考えられてきた。視細胞外節で電気信号に変換された光信号は、視細胞シナプス部において化学伝達物質の濃度変化に変換され、二次ニューロンに伝達される。こうしたシナプス伝達機構には、伝達物質濃度が定常的に増加した場合に応答が経時的に減少する、いわゆる脱感作と呼ばれる順応機構がある。すなわち、網膜の光順応には、光受容過程における順応だけでなく、信号伝達過程の順応（シナプス順応）も重要な働きをすると考えられている。

本論文では、こうしたシナプス順応機構の中でも、色覚及び空間情報処理に重要な役割を果たしていると考えられている  $GABA_A$  レセプターにおける順応機構に着目し、

この素子レベルの特性が、網膜というシステムレベルでの光順応に及ぼす影響を解明することを目的として解析を進めた。すなわち、まず、薬物灌流を用いた電気生理実験により、 $GABA_A$ レセプターが水平細胞の膜電位応答レンジに及ぼす影響を測定した。その結果、 $GABA_A$ レセプターは光順応に伴い水平細胞の膜電位応答レンジをダイナミックに変化させることが明らかとなった。そこで、こうしたメカニズムを解明するため、従来の $GABA_A$ レセプターモデルに脱感作の機構を導入し、錐体-水平細胞ネットワークモデルを用いて光応答シミュレーションを行った。その結果、電気生理実験と同様に、光順応に伴い水平細胞モデルの応答レンジはダイナミックに変化する結果を得た。これらの解析により、従来考えられてきた視細胞外節の順応機構以外に、 $GABA_A$ レセプターを介したシナプス順応機構も、光順応に伴い水平細胞の膜電位応答レンジをダイナミックに制御することが明らかとなった。

現在のインテリジェントイメージセンサ等の人工視覚情報処理システムは、光強度処理機構において多くの問題があるが、本論文の結果は、光強度変化にダイナミックに適応する人工視覚情報処理システムの開発の足掛かりになるものと考えられる。