

Title	受容野・色・光順応-視覚環境に応じた網膜神経系の調節メカニズム
Author(s)	古川, 徹生
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3151127
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	古川徹生
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 14178 号
学位授与年月日	平成 10 年 10 月 14 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文名	受容野・色・光順応-視覚環境に応じた網膜神経系の調節メカニズム
論文審査委員	(主査) 教授 佐藤 俊輔 (副査) 教授 福島 邦彦 教授 藤田 一郎

論文内容の要旨

網膜に映る視覚映像は視覚環境によって左右され、たとえ同じ状況で同じ対象物を見る場合においても照明などの条件によって異なった映像として目に映る。網膜神経系をはじめとする視覚初期過程の役割の一つは、視覚信号の中からこれら視覚環境に依存する要素をなるべく取り除き、外界の認知に必要な情報のみを抽出する働きがあると考えられる。本研究では視覚環境に対して視覚神経系に生じる特性変化を、生理実験および理論モデルの双方の立場から調べた。

コイ網膜の H1 水平細胞は刺激光の波長に依存してその特性が変化する。この H1 水平細胞の波長に依存した特性変化は明順応時にもみられ、暗順応時には消失する。本研究では次の 3 点を指標に H1 水平細胞の波長依存特性を電気生理的に調べた。1) 波長感度特性の赤錐体からの変移。2) 受容野の波長依存性。3) シナプス入力の変長依存性。その結果、短波長感受性細胞から H1 水平細胞への符号反転型の入力が存在すること、そして暗順応時にはこの入力が不活性化することが示された。さらに一酸化窒素 (NO) は明順応と同じ効果を示し、NO が網膜内で明順応信号として働くことが示された。また代謝型グルタミン酸受容体のアゴニストである APB は暗順応と同じ効果を示したことから、水平細胞内の cGMP が本メカニズムに関与すると考えられる。このメカニズムは順応と背景光の波長に依存して水平細胞の特性を最適なものにするのに役立つと考えられる。

理論モデルでは誤差逆伝播型ニューラルネットワークを用いて、ノイズが最適な受容野形状に及ぼす効果を調べた。その結果、まったく構造の異なる脊椎/無脊椎動物、ニューラルネットに共通の受容野形状変化が示された。また同じ手法を用いて方向選択性細胞の時空間受容野の発現も試みた。

論文審査の結果の要旨

視覚初期過程の役割の一つは、視覚信号の中から視覚環境の変化によって引き起こされた不必要な信号要素を取り

除き、外界の認知に必要な情報を抽出することである。環境要因を取り除く視覚神経系の機能の代表例は光順応現象で、それは網膜神経系の特性（光応答感度、空間特性（受容野）、時間特性、波長（色）特性など）をダイナミックに変化させる。またコイ網膜の H1 水平細胞の光応答感度および受容野は光刺激の波長に依存した変化を示すが、これも順応により調節されることが示されている。本論文はコイ網膜の H1 水平細胞の波長依存特性に対する順応の効果を、1) 波長感度特性の赤錐体からの変移、2) 受容野の波長依存性、3) 光刺激によって生じる H1 水平細胞の入力抵抗変化の波長依存性の 3 点を指標に電気生理的に調べたもので、得られた成果を要約すれば以下の通りである。

(1) 短波長感受性細胞から H1 水平細胞へ符号反転型（抑制性）の入力が存在すること、そして暗順応時にはこの入力が不活性化することを示した。

(2) この波長依存的な修飾メカニズムを調べるため、種々の薬物の波長依存性に及ぼす効果を調べ、一酸化窒素 (NO) が明順応信号として働くこと、代謝型グルタミン酸受容体のアゴニストである APB (2-amino-4-phosphonobutyric acid) は暗順応と同じ効果を、またドーパミンは明順応と同じ効果を与えることを示した。これらの薬物の働きは一貫しており、波長感度特性、受容野、光誘起性入力抵抗変化のすべてについて同じ効果を示した。

(3) これらの結果から H1 水平細胞の光応答特性は細胞内 cGMP (環状グアノシン-3',5'-一リン酸) 濃度によって修飾され、cGMP 濃度は NO や代謝型グルタミン酸受容体によって調節されると結論した。そして刺激光の波長と光順応の双方に依存した H1 水平細胞の特性変化は、短波長光が強く散乱する水中の視覚環境に適したものと考えられると述べた。

(4) 誤差逆伝播型ニューラルネットワークモデルを使って視覚刺激に依存した視覚特性の変化を示した。

以上のように本論文は視覚初期過程の役割についてコイ網膜の H1 水平細胞の光応答感度および受容野の波長依存特性のメカニズムの解明や網膜内の新たな順応情報伝達経路の解明に重要な寄与をしたものであり、博士（工学）の学位論文として価値があると認める。