

Title	コイ網膜水平細胞応答における明順応現象に関する研究 : 主としてm系列で変調した刺激光を用いて
Author(s)	海野, 修
Citation	大阪大学, 1985, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35041
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名・（本籍）	海野修
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 7011 号
学位授与の日付	昭和 60 年 10 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 2 項該当
学位論文題目	コイ網膜水平細胞応答における明順応現象に関する研究 — 主として m 系列で変調した刺激光を用いて —
論文審査委員	(主査) 教授 鈴木 良次 (副査) 教授 葛西 道生 教授 辻 三郎 教授 有働 正夫 教授 笠井 健

論 文 内 容 の 要 旨

網膜で行なわれる信号処理のなかで順応に関するものは最も興味深いといえる。その理由は、順応がほとんど網膜レベルで決定されるからである。本研究の目的は、工学的手法を用いて順応現象の 1 つである明順応を L 型水平細胞で定量的に調べ、光照射によって応答特性がどのように変化するかを解明することである。本論文では 1 章で研究の意義などについて述べ、2 章で従来の研究結果を紹介し、3 章で実験方法などを述べた。実験にはコイ網膜を用いた。現象を定量的に調べるため、ステッピング・モータを用いて光を m 系列信号状に変調する装置を製作した。本装置は、広い範囲の変調光を、その色光特性を変えないで作ることができるのが特徴である。

4 章では L 型水平細胞と視細胞（錐体）との相互作用を調べた。最初に、L 型水平細胞が信号を受けている錐体の種類を明らかにするため、L 型水平細胞の色光応答特性を種々の光強度で記録し、得られたデータをモデルを構成して調べた。そして、光強度が大きい時だけでなく小さい時も、L 型水平細胞が赤錐体・緑錐体および青錐体から信号を受けていることを示した。つぎに、L 型水平細胞から赤錐体への負帰還作用を E 応答およびバリウムイオンを用いて調べ、コイでもこの負帰還作用が存在することを支持する結果を得た。

つぎに、明順応現象を m 系列状に変調した光信号を用いて調べた。刺激光の強度が中程度以下のとき応答はすぐに定常状態になるが、応答が飽和する程度に光強度が大きいとき応答特性が光照射中変化し（非定常過程）定常状態になるのに時間を要する。そこで、本研究ではこれら 2 つの領域で異なった実験解析手法を用いた。5 章では中程度以下の強度の刺激光に対する応答特性を、特にその振幅分布に着目して調べた。その結果、光強度が大きくなると応答の振幅分布が非対称になるという点で正規分布か

らはずれてくることを明らかにした。6章では非常に明るい光を照射したときの応答特性の時間的変化を調べた。このため、周期が2.5秒のm系列状に変調した刺激光を網膜に照射し、得られた応答を1周期ごとに切り出してきて種々の統計量を計算するという方法を用いた。光照射直後は感度が低下しており、変調光が照射されているにもかかわらず応答の変動成分は小さいが、照射時間が経過するにしたがい応答の変動成分は増大する。これは、光の明暗に対する応答の感度が回復してきたことを示す。しかしながら、照射後約40秒までは細胞が応答している刺激光の周波数はあまり変化せず、照射後約40秒以降に細胞が刺激光の高い周波数成分に反応してくる。また、照射後約40秒までにみられる応答の変動成分の増大の多くは非線形成分が増大したためである。4章で述べたE応答の性質を考慮すると、これらの性質は錐体の特性を反映していると推定される。簡単な錐体応答のシミュレーションにより、イオンチャンネルに関係する蛋白質にinternal transmitterが結合する速度定数と、結合したinternal transmitterが不活性化される速度定数の時間経過の違いにより、このような性質が生じることを示した。この性質が中枢へ伝達されると考えると、視覚心理学的には本結果は次のことを示唆している。すなわち、暗いところから明るいところへ急にでるとまぶしくて一種の盲の状態になるが、時間が経過すると最初に光の明暗がよく認識できるようになり、ある程度時間が経過してから光の時間的変化がよくわかるようになるということである。

以上、本研究では錐体とL型水平細胞との相互作用を明らかにするとともに、L型水平細胞における明順応現象を光強度の広い範囲で調べた。主たる結果として、明るい光が照射されると、最初に光の明暗に対する感度が回復しはじめ、ある時間（本データでは約40秒）遅れてから光の時間的変化に対する応答性がよくなることを明らかにした。

論文の審査結果の要旨

生物の視覚には、暗から明（あるいは明から暗）への照度変化に対し、感度を変化させる明順応（あるいは暗順応）現象があり、このおかげで、広範囲の光強度での動作が可能となっている。順応は網膜の視細胞での現象であることが知られているが、本研究は特に明順応過程をコイの網膜を材料として用い、定量的に解析したものである。そのため、入力としてはm系列で変調した光刺激を用い、L型水平細胞の膜電位を出力のモニターとして用い、網膜（視細胞-水平細胞）での光信号の伝達特性の測定を行っている。

論文は7章からなる。第1章序論では研究の意義を、第2章では従来の知見の整理結果を、第3章ではm系列変調光刺激装置の製作、実験方法をそれぞれ述べている。第4章では、視細胞（錐体）とL型水平細胞間の信号の流れを色光応答特性から推定する方法とその結果について述べ、従来いわれていたようにL型水平細胞が赤錐体だけから信号を受けるのではなく、緑錐体および青錐体からも信号を受けていること、さらに、L型水平細胞から赤錐体へのフィードバックの存在もつきとめている。

第5章・第6章が本論文の主題の順応過程の解析結果を述べた部分である。第5章は定常状態、第6

章は非定常状態を扱っている。刺激光が弱いと系はすぐに定常状態となる。ここでは、出力の振幅分布に着目した解析を行い、従来、感覚で成り立つとされていた対数正規分布からのずれ、および入出力関係でのウェバー・フェヒナー則からのずれを見出している、光強度が強くなると非定常過程となる。第6章では、この過程の解析結果を述べている。トレンドおよび不規則変動を除去したデータについて、波形、振巾ヒストグラム、パワースペクトル、コヒーレンス関数などを用い、線形応答成分と非線形応答成分が時間の経過とともにどのように現われるかを解析した。その結果、まず光の明暗に対する感度変化が生じ、次いで、光の時間的变化に対する応答特性がよくなることを見出している。さらにこのような過程が錐体でいかにして生じ得るかを推論するイオンチャネルモデルを提案している。第7章はむすびである。

以上、本論文は、広い動作範囲を実現する機構としての視覚の明順応過程を解析したもので、センサー技術の基礎に新たな知見を加えた。よって工学博士の学位論文として価値あるものと認める。