

氏 名 (本籍)	すず 鈴	き 木	ひとし 均
学位の種類	医	学	博 士
学位記番号	医	第	1073 号
学位授与年月日	昭和53年2月22日		
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当		
最終学歴	昭和46年3月 東北大学大学院理学研究科（物理学第二磁気物理学専攻）修士課程修了		
学位論文題目	甲殻類複眼の形態，視物質および光受容器 電位に関する研究		

(主 査)

論文審査委員 教授 田 崎 京 二 教授 山 本 敏 行

教授 水 野 勝 義

## 論文内容要旨

シシャコ（節足動物甲殻類口脚目；水棲）の複眼の機能と構造との関係を、光学顕微鏡、電子顕微鏡、顕微分光測光法および細胞内電極により研究した。

複眼は長楕円体であり、その長軸方向およびそれと直交する方向（円周方向）にそれぞれ50個、全体で約2500個の個眼が規則正しく並んでいる。各個眼内には円形に並んだ7個の光受容細胞があり、その中の1つは残りのものの2倍の大きさを持つ。これを1番の細胞とし、他は光の入射方向からみて、順に2, 3, 4, 5, 6, 7番とする。左右の複眼について、個眼内の細胞の配列は正中線に関して対称である。各細胞からは個眼の光学軸方向に向けて微絨毛が櫛の歯状に突出し、これらが集って光受容部である感桿を作っている。微絨毛の方向は、1, 4, 5番の細胞については複眼の長軸に直交し、2, 3, 6, 7番の細胞についてはこれと平行である。この関係は全ての個眼について成立する。明順応を行うと、光受容細胞内の色素顆粒は感桿方向に移動し、感桿近傍の色素顆粒密度は暗順応の時の値に比べ約50%増加する。またこの時、細胞内には多胞体と層状体が現われる。このような変化は、偏光を使って明順応をしたときには、偏光の電気ベクトルと同じ方向の微絨毛を持った細胞にだけ見られる。

遊離した感桿について顕微分光測光を行うと、得られる吸収スペクトルは測定前に照射した光の波長によって違う。青色光（ $\lambda < 440 \text{ nm}$ ）照射後の吸収スペクトルは540 nm付近で吸光度が増加し、460 nm付近で減少している。一方、橙色光（ $\lambda > 560 \text{ nm}$ ）照射後のものではこの関係が逆になる。青、橙色光を交互に繰返し照射したとき、吸収スペクトルの形は最後に照射した光の色によって決る。グルタールアルデヒドで感桿を固定すると、吸収スペクトルは光照射によって540 nmで最大の吸光度の減少がみられ、またどの波長領域でも増加はみられない。この変化は照射光の波長に依らない。540 nmはロドプシンの最大吸収波長であり、その光化学反応産物であるメタロドプシンのそれは460 nmである。メタロドプシンは室温、暗中で安定な物質であり、光によってロドプシンに再生する。光受容細胞内の色素顆粒の吸収スペクトルは510 nmに最大吸収波長を持ち、ロドプシンの吸収スペクトルに似ている。また、色素細胞内の顆粒の吸収スペクトルは、青から緑にかけて巾広い吸収を示す。

光受容細胞は、暗中で約50 mVの静止電位を示し、光刺激に対し持続的な脱分極応答を示す。波長感度は540 nmで最大で、ロドプシンの最大吸収波長と一致する。この値は、刺激光の入射方向には依らない。偏光刺激に対しては、刺激光強度を一定にして電気ベクトルの方向を回転すると、90°おきに最大と最小の応答を繰返す。微絨毛の方向と最大応答を引起す電気ベクトルの方向との関係を明らかにするため、応答の記録を行った後、細胞内に蛍光色素を注入し、当

該細胞を同定した。この結果、最大応答は電気ベクトルの方向と微絨毛の方向とが一致するとき  
に得られることが示された。偏光感度は最大で1.1である。この値は刺激光の波長に依らない。

刺激光の入射角に対する応答感度を調べるため、角感度曲線の半値巾（受光角）を複眼の長軸  
方向、円周方向につき、順応状態を変えて、生かしたままのシャコを用いて空中と水中とで測定  
し、比較した。受光角は、長軸方向（暗順応眼につき空中では $28^\circ$ 、水中では $6.5^\circ$ ）では円周  
方向（暗順応眼、空中 $9.2^\circ$ 、水中 $2.6^\circ$ ）より大きい。また暗順応眼のもの（水中では長軸方向  
につき $6.5^\circ$ 、円周方向については $2.6^\circ$ ）は明順応眼のもの（水中、長軸方向 $2.6^\circ$ 、円周方向  
 $1.7^\circ$ ）よりも大きい。さらに、空中（暗順応眼、長軸方向 $28^\circ$ 、円周方向 $9.2^\circ$ ）では水中（暗  
順応眼、長軸方向 $6.5^\circ$ 、円周方向 $2.6^\circ$ ）よりも大きい。空中と水中との受光角の違いは角膜レ  
ンズ内外の屈折率の差が変化することによると考えられ、また明順応時に受光角が狭くなるのは、  
光受容細胞内で起る色素顆粒の移動および多胞体、層状体の出現に伴う感桿周辺の屈折率の変  
化が光吸収の能率を変えることによると考えられる。

## 審査結果の要旨

これまでの複眼に関する研究は昆虫に限られ、ザリガニなどを除いては水棲甲殻類は余り用いられていない。海産甲殻類、シャコの複眼は、昆虫と基本的には同じ構造をもち、しかも他のいかなる節足動物よりも大型で、巨大な光受容細胞をもっている。著者は、この複眼の構造と機能を総合的に理解するために、顕微鏡、電顕、顕微分光測光、および細胞内電極法を用いて研究を進めた。研究方法については新しい二つの技術開発がなされた。第一は等量子単色光光源である。ゲルマニウム光ダイオードを光センサーとして、その出力を一定にするようにハロゲンランプの電流を制御するのは従来の考え方ではあるが、電流制御にサイリスターを用いたのは著者が始めてである。この光源の安定さは従来のものと比較できぬ程よい。また、この光源を用いたため顕微分光測光の S/N 比を著しく改善した。第二の開発は、海水中で *in situ* の細胞内光受容器電位の記録法である。この開発により、同一個体から 1 週間に亘り、また同一細胞から数時間の細胞内記録が可能となり、明暗順応の経過を詳細に調べることができた。

先づ形態的研究としては複眼の外観と微細構造との関係が明らかにされた。複眼は長楕円体をしており、個眼は長楕円体の長軸方向と、それに直交する方向に並ぶ。7 個の光受容細胞からなる個眼についてはザリガニと同じであるが、特徴的なことは、各細胞からの微絨毛の方向が、必ず複眼長軸かそれと直交する方向にあることである。光受容細胞内に色素顆粒が含まれており、これは光によって感桿に近づく。そこで偏光を用いて明順すると、電気ベクトルが微絨毛と一致した細胞にだけ色素移動がおこる。これは微絨毛と光の電気ベクトルが一致したとき光の吸収が最大になることを意味する。これは細胞内マーキング法でも確認された。

顕微分光測光法によりシャコのロドプシンの  $\lambda_{\max}$  は 540 nm、メタロドプシンでは 460 nm であること、メタロドプシンは暗中で安定で、またロドプシンへの光再生も確められた。光受容器電位を示標にしてえられたスペクトル感度は、ロドプシンの  $\lambda_{\max}$  と一致することも明らかにされた。

本研究のもっとも重要な部分は *in situ* における受光角（角感度曲線の半値巾）の明暗および空中と水中の比較である。受光角が明で小さくなるのは、色素移動により、水中で小さくなることはレンズの屈折率から、詳細に論じている。

以上述べた通り、本研究は構造から機能にまで亘る詳細なもので、水中複眼の研究の指針となるものである。よって本論文は学位授与に値するものと認める。