

Title	光覚に於ける感度と図形残効
Sub Title	Relation between photosensitivity and the figural after-effect
Author	吉田, 俊郎(Yoshida, Toshiro)
Publisher	三田哲學會
Publication year	1958
Jtitle	哲學 No.35 (1958. 11) ,p.661- 685
JaLC DOI	
Abstract	Concerning with dark adaptation, a number of experiment has been made in which e.g., the duration of preadapting period and the level of intensity to which the eyes are exposed during that period have been varied. In most of these experiments, the matter of concern has been exclusively the measurement of the threshold, i.e., the measurement of the photosensitivity. In this case, rhodopsin (the photosensitive substance in the retinal rods) decompose into transient orange, visual yellow and visual white by light, and these are regenerated into rhodopsin (visual purple) in dark. The change of sensitivity in various conditions based on such physiological foundation, of course not only by that reason, may have some influence on visual perception, especially recognition of figure, geometrical illusion, figural after-effect, and so on, because I think that to fixate some figure implies to adapt the field which have a gradient of brightness. Therefore, by studying the relation between photosensitivity and figural after-effect, I think that we can explain the mechanism of the rise and the characteristics in figural after-effect. Still more, through following up the photosensitivity and extending it to the investigation of relation between photosensitivity and the various phenomenon in visual perception, I think that we can explain the fundamental mechanism of some visual processes. So that, as the first step, I am taking the experimental approach as to the relation between photosensitivity and figural after-effect.
Notes	V 心理,慶應義塾創立百年記念論文集
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00150430-00000035-0666

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

光覚に於ける感度と図形残効

吉 田 俊 郎

一

一般に“順応”(adaptation)と云う言葉は非常に広範な意味に用いられている。社会心理に於ては、順応又は適応(adjustment)という用語を使い、有機体はその生存している世界に、上手に合致して行く事を云うのである。此の世界とは、物理的環境、社会的環境、文化的環境、経済的環境等々の全ての環境条件を含んだものを云い、それらの総合的世界に何の支障もなく生存し得るべく有機体それ自身の形態、構造、機能等を自ら変化せしめて行く、此の現象を順応及至は適応と呼んでいる。

然しながら、此等の社会心理学的な適応反応及至は順応とは異った意味での順応と呼ばれる幾つかの現象が存在する。此れを箇条書きにすれば次の如くなる。

- (1) 例えば映画館の中に入るとする。その場合、初めの中は前面に写し出されている画面は明瞭に見えるが、

座席が空いているかどうか、或は隣りに居る人が如何なる人であるかという事は、真暗で何も見分けがつかない。しかし暫らく時間が経つにつれて暗い中であっても割合とはっきり他のものが見えて来る。更にその様な暗い場所から、光のさんと降りそそぐ場所に急にになると、目まいでもした様になり、その後はっきりと物を見る事が出来る様になる。此の様に明るい場所から急に暗い場所へ移行した様な場合、或は反対に暗い場所から急に明るい場所へ移行した場合に起る刺激の強さの変化に対する視覚の調節過程を明暗順応と云う。此の明暗順応は暗順応により、その眼の感度 (sensitivity) が高まり、又明順応により、その感度が低くなるが故に、暗い処に屢らく居ると、その感度が高まり、微弱な光でも感ぜられるようになるのである。

(2) 例えば月夜の晩に、その月明りのもとを歩いていて急に家の中に入ると、その家の中に灯されている電氣が馬鹿に赤ぽく感ぜられるが、屢らくするとその赤ぽさは感ぜられなくなって来る。その後螢光燈の灯されている部屋に行くと、いやに青ぽく感ぜられるが、屢らくすると前と同じ様にその青ぽさが感ぜられなくなってしまふ。或は又色紙を長時間凝視していると、次第にその色紙の色味が失われて、段々と灰色に近づいていく。此れを色順応と云い、時間と共に色に対する感度の減退が生じて行くのである。

(3) 我々は絶えず肌に着物を著け、又腕には時計をしている。此れは、我々の感覺器官には常に同一の触刺激が与えられている事になる。従つて何時如何なる時も着物を着、時計をしていると云う感じが意識されていなければならぬ筈であるのに、我々は殆んど着物を着、時計をしていると云う感じを持っていない。又温度にしても同じ事で、暑い湯に入っても初めの中は熱いと感ずるが、屢らくすると前の熱さ程熱さを感じなくなる。此等のものは、皮膚感覺に於ける順応であつて、同様に皮膚の感度の鈍磨の結果である。

(4) 香水等の嗅を屢らくかいで居ると、その香水の嗅が良い嗅であるか、或は逆に悪い嗅であるかを判定する事が困難になってしまうことがある。又ガストープがつけてある部屋等え入っていくと、その入った途端はその嗅氣が非常に強く感ぜられるにも抱らず、屢らくするとその嗅氣は感ぜられなくなってしまふ。此の様な現象は嗅覺に於ける順応であり、前と同じ様に嗅覺の感度の減退である。

(5) 此れらと同じ様に味覺に於ても此の順応現象が見られる。一杯のビールに於て、始めは非常に苦味が感ぜられるが、その中にその苦味は輕減してしまふ。此れは味覺に於ける感度の鈍磨と考えられている。

此の様に種々なる感覺器官に於て順応現象が見られるのであるが、その何れにしても同じ様に、同一の刺激が続いて同一の部位に提示された様な場合、そこに感ぜられるものの性質や、その強さ、明瞭さ等が漸時失なわれて行くか、或るいは全く失なわれてしまふ様な事がある。此れは所謂夫々の感覺器官に於ける感度の減退によるものであると考えられる。

(6) 更には注意 (attention) に於ける順応と云われる様な現象が存在する。即ち或る物に対して長時間に亘つて注意を集中して居るとする。その場合その注意している対象の明瞭度が減少する様な場合である。此れを注意に於ける順応と云う。此の様な場合は注意力 (一種のエネルギーと考えられる) が長時間に亘っている為、その力を漸次減少せしめられてしまふものと考えられる。

此の様に色々な順応現象と云われるものが存在するが、今此處に於て問題としたいのは(1)に挙げた明暗順応による感度の変化が、図形認知、更には図形残効の現象と何等かの關聯性を持っているのではないかと云う点である。即ち今述べた感度の変化と云うものが、図形認知、錯視、図形残効等と云う、一般に云う視知覚現象の根底

に横たわる基礎的な要因となっているのではないかと考えられるのである。

二

さてそこで一に於て取上げた明暗順応の現象について更に詳細に述べて見る事にする。

一般に明暗順応の研究は、時間の経過にともなつて変化して行く過程を、そのまま正確に測定して行く事は非常に困難な事である。何故ならば、明室より暗室に入った時、全く暗黒であるが、或る時間経た後、その暗さは前の暗黒な状態から変化し幾分明るくなっている。その時の明るさがどの程度のものであるかを何等かの方法で比較しなくてはならない。その時比較すべきものが順応前の明るさのどの位とか云う事になれば、当然相当時間的に云つて前の経験対象を使用する事になる。そうするとそこには大きな判断誤差とか他の色々な誤差が生じて来て、果して正確な測定によつて与えられた差がそこに存在すると云つて良いかどうか判らなくなってしまう。

又他の方法と云つても現在の段階に於ては、その時の明るさを直接測定すべき適当な方法が存在しない。そこで従来から行われている処の方法、即ち光刺激閾を測定する方法（光覚閾法と同様なもの）等によつて精密な測定を行っている。何故刺激閾を測定するような方法が明暗順応の過程を調べるのに用いられるかと云うと、前にも述べた如く、順応することによつて夫々の感度が変化する。その為、極く微量な光エネルギーであっても見える様な状態にもなれば、又比較的多量な光エネルギーであっても見えないと云う現象が生じて来る。そこで此の始めて感ぜられる光エネルギーの量（その量については研究者によつて色々な表現がなされているのであるが）を

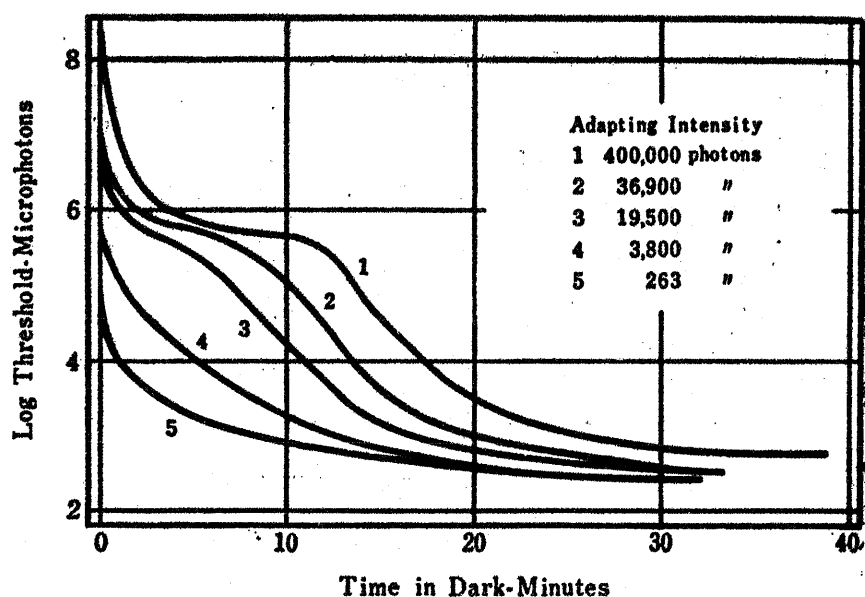


図1 異った明るさの強度に対する暗順応曲線

以って明暗順応の過程を研究する様になったのである。そこで明暗順応の基本的な研究は、明順応と暗順応の過程を別に研究して行くのが普通であるが、暗順応の過程に於ては、(1)暗所に入る前、如何なる明るさのもとに居たか、(2)何分間或る明るさに眼を晒して居たか、(3)暗所に入ってから何分経過しているか、と云う様な条件のもとで刺激閾が如何に変化するかを測定するものである。

第一図は Hecht, S 等 (13) によって行われた実験の結果を示したものである。即ち暗所に入る前に11迄の夫々の明るさによって眼を照射し、その後暗所に居る時間によって夫々の暗順応過程が如何に変化するかを測定したものである。此の第一図から考えられる結論としては、(1)眼の感度は暗い所に於て、暗中に居る時間の経過と共に徐々に増加する。(2)暗順応中に於ける感度の変化の速度は、以前に明中に於て明順応した時の明るさに依存して異ってくる。暗順応前に若し眼が非

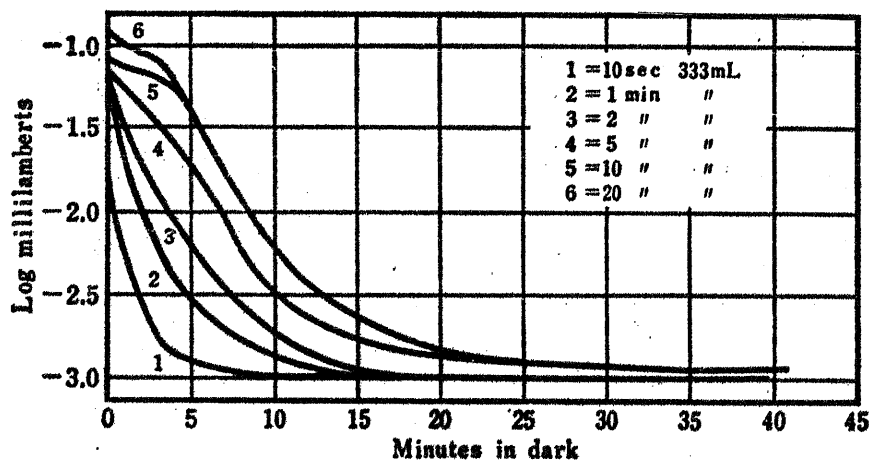


図2 333mLの光刺激により前照射した時間に対する順応曲線

常に弱い光によって前照射されて居たとすると非常に強い光によって前照射されていた時よりもその感度の増加の割合はゆっくりとしたものになってしまう。(3)更に暗順応中に於ける感度増加の傾向は、暗中に居る時間が長くなるに従って、最初は短時間の間急激に感度の増加があり、その後その勾配は減少し非常に緩慢な曲線となり、又更に急激な感度の増大を示し、その後最後の比較的安定した感度の強い段階へと進行して行くと云う様な経過をたどって行く。此の傾向は暗順応に移行する以前の明るさが強い程顕著に現われて来る。

第二図は Wald, G (27) 等によって行われた実験の結果を示したもので暗順応前に行われる光刺激照射の明るさの強度を 333 ミリランベルトと一定にして置き、その明るさのものを前照射として何分与えたかによって感度

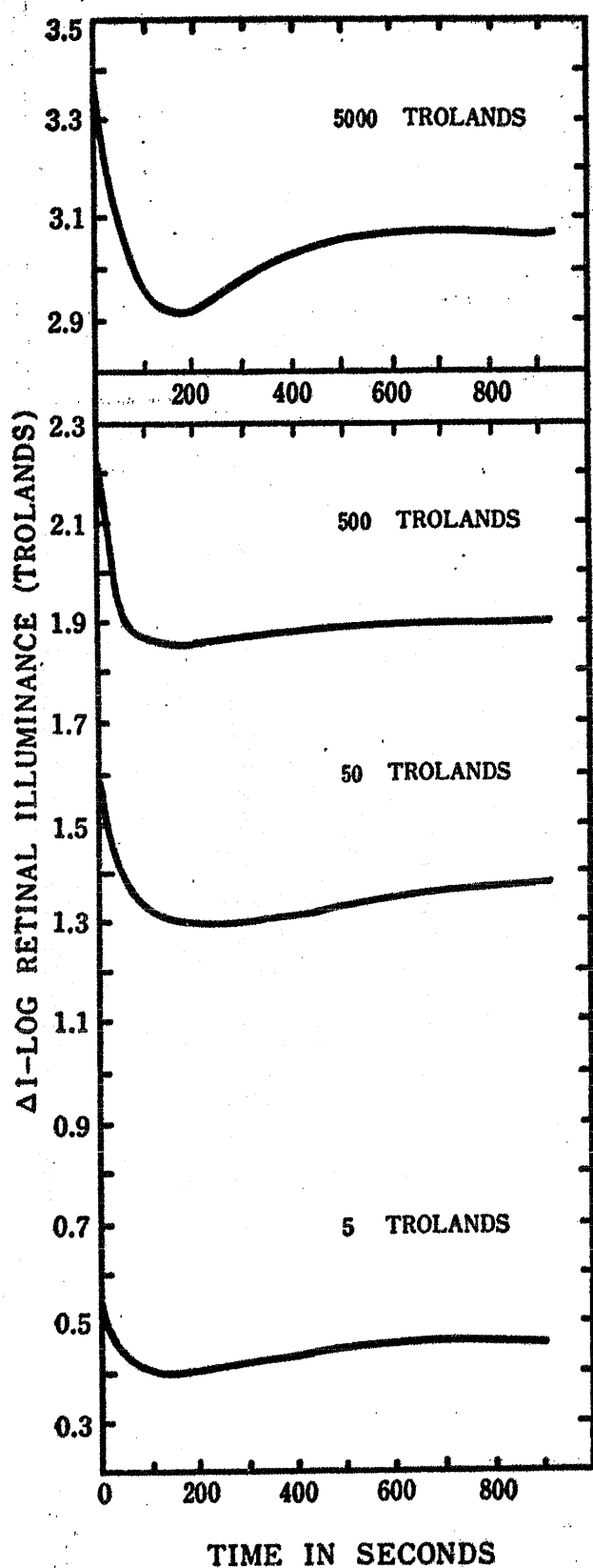


図3 種々の明るさに対する明順応曲線

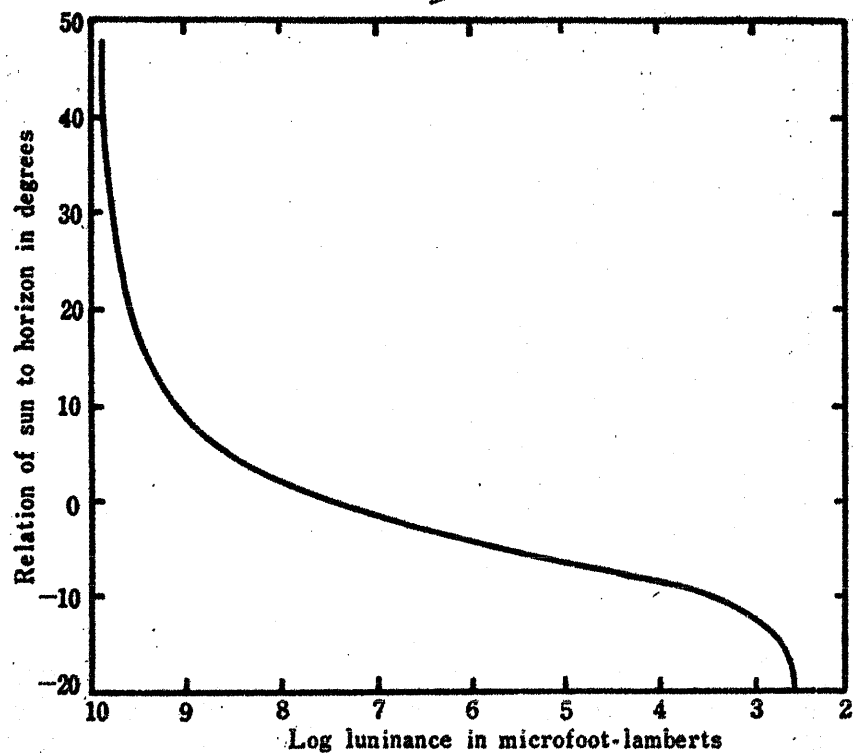


図4 太陽の位置により異なる明るさの場とそこに於ける刺激閾

の高まりが変化して行く過程を示したものであって、暗順応前に於て眼に長い時間、明るい光が照射されて居れば、感度の高まりは他の場合と比較して緩慢で、感度の比較的安定した強い段階に迄到達するのに長い時間を必要とする。此の様に何時如何なる時でも暗い処での人間の感度と云うものは、或る一定の条件のもとで絶えず変化しているものである。

明順応の過程の研究に於ては、(1)如何なる明るさに明順応するか、(2)その明るさのもとに何分位居たか等の条件のもとで刺激閾が如何に変化するかを測定したものである。第三図は Baker, H. D. (2) によって行われた実験の結果を示したものである。即ち 5000, 500, 50, 5 Troland の明るさのもとで、時間の経過に伴って感度が如何に異ってくるかを測定したもので、此の第三図から考えられる結論としては、(1)明るい場所に出た時には、その眼に於ける感度は減少を示す。(2)この感度の減少の過程は、初め急激に感度の減少を示し、その後徐々に少し回復の傾向を示しそして安定した状態に達する。(3)明順応の為に使用した明るさの差によって、感度の相異は非常に顕著に現われる。

更に或る明るさに明順応している様な状態の時に、その明るさが変化した時、そこに起る感度の変化は如何なるものであるかと云う様な事も明順応過程の研究として充分必要なものと考えられるものである。第四図に示した実験の結果は Beebe-Center (4) 等によって行われた実験の結果である。即ち或一定の位置に於て、太陽が東から登り西に沈んで行く間の太陽と地表との為す角度に依て、その一定の位置の明度は異って来る、その明度差が感度と如何なる関係を持つかを示したもので、180°。即ち地平線に太陽が沈み既に暗黒に閉された時に一番感度が良く、100°。即ち約九時と十時位には感度は一番悪くなっている。

斯くの如く明暗順応の研究は微細な量を問題としながらも非常に数多くの研究がなされ、成果を挙げつつある。此処に於ては順応現象（特に明暗順応のみを挙げた）と感度との現象的な面に於ける関係を挙げたのであるが、此等の順応現象に伴う変化が、如何なる生理学的な機制を持っているのかを次に挙げることにする。

三

眼に存在する網膜の中には、桿体 (rod) と錐体 (cone) があり、桿体の方は主として無色光覚にたいして強い感度を示し、錐体の方は主として有彩色光覚に対して強い感度を示すものである。

今図一を見ると、約一〇分以前の曲線と、それ以後の曲線との間には頂度二つの異った曲線を合わせたものの如くに見える。此の曲線の前者は錐体によって生じたものであり、此れを明光視 (photopic vision) と名づけ、生理学的には此れを第一暗順応期と名づけている。又後者の曲線で示されている部分は、桿体によって生じたも

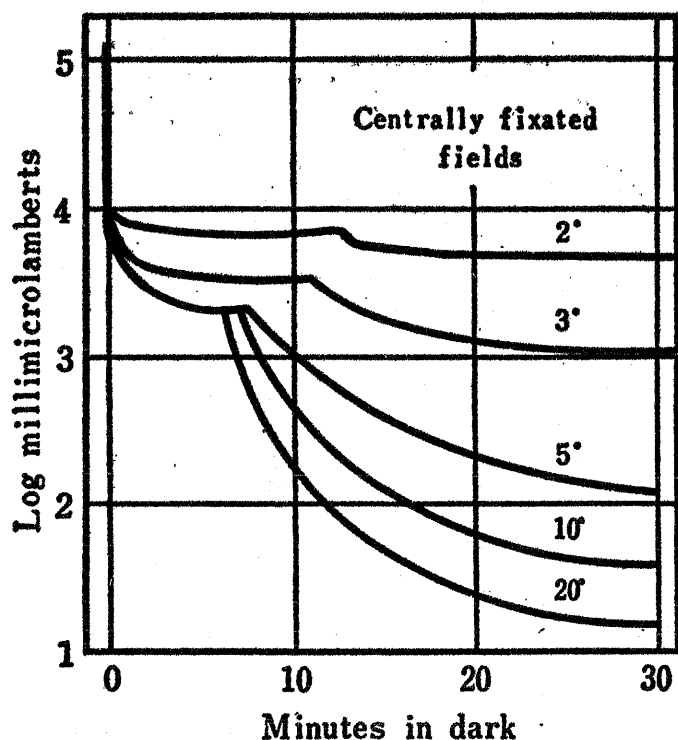


図5 異った大きさの指標に対する暗順応曲線

の所では殆んど桿体に依って生ずる所の曲線が現われない。即ち 2° の中心窩にのみ光が落ちて居る時の順応曲線は第一回の前半と全く同一の順応曲線をたどっている。然るに、中心窩以外にも光が波及して居る様な場合に於ては(5° 、 10° 、 20° 等)その順応曲線は第一図に示されたものの、前半も後半も持っている全体の型を示している。此の様な実験結果が現われて来ると云う事は、明らかに桿体と錐体の差によるものであると推定されるであらう。

のであり、これを暗光視 (Scotopic Vision) と名づけ、生理学的には此れを第二暗順応期と名づけている。(7) 此の桿体及至は錐体によって生ずると云う点は実験的研究により明らかな事実である。例えば眼の中心窩(網膜の中央部にあり、物を凝視したそのものが充分小さいものであれば、それは頂度中心窩に於て像を結ぶ様になっている)には錐体しかないとされて居り、此の錐体に於ける暗順応曲線と、中心窩以外の処にも光が及ぶ様な条件のもとでの暗順応曲線を比較して見ると、第五図に示す如くなる。此の実験は Hecht, S 等(14)によって為されたもので、刺激閾を測定する時の光の大きさを視角⁽²⁾にして 2.3° 、 5.10° 、 20° とし前述した暗順応の測定と同一な方法で刺激閾を測定したところ、 2.3° の大きさ

此の様な結果は Von Kris によって集大成された所の視覚に於ける二重説を良く支持するものになる。

更に此の暗順応過程及び明順応過程に於ける光化学的な説明を試みたものに Hecht, S (12) 等が挙げられる。即ち光感受物質の新陳代謝の理論である。光化学物質を考える場合、当然網膜に存在する桿体と錐体の両者、更には油球等も考えるべきなのであるが、現在の生理学の段階では、錐体内の物質 (iodopsin) 或は油球に関する、視覚に対する機能特性が殆んど全くと云つても良い程知られていない。然るに桿体内の物質 (rodopsin) に関する特性は非常に明瞭に現わされている。即ち我々の網膜には光細胞 (photocell) があり、此の細胞は光感受性を持ち、そこから生ずる処の神経過程は電気化学的なものであるから、見えると云うものは光化学的過程を辿るものと考えても決して誤りではないであろう。事実化学物質は抽出され、それについての研究は非常に盛んになっている。

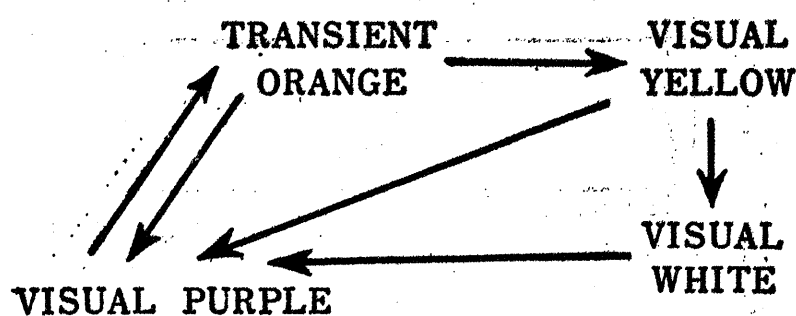


図6 視紅の分解・合成

此の光化学物質は桿体の中で発見され、此の物質がロドプシン或は視紅 (rodopsin or visual purple) と名づけられた。此のロドプシンは光を当てる事によって、非常に組織的な方法で分解する。即ち光の強度とロドプシンの数に比例して分解するのである。この分解はロドプシンがそこに落ちる光の大部分を吸収するから起るものである。それ故、此の分解の量と光の吸収は正比例の関係をなしている。分解には少なくとも三つ異った段階があり、その分解の方法は第六図に示した通りである。即ち最初の段に於てロドプシン即ち視紅に光が当たると視紅は分解し橙黄 (Transient orange) になる。此の物質はオレンジ色をして居て非常に一時的な存在である。此橙黄は酸性

溶液や温度によって急速に第二の段階である視黄 (visual yellow or retinene) に分解して行く、光を更に照射して置くと、逐には白色の最後の段階である視白 (visual white) となってしまう。

視紅には光を当てる事によって分解され夫々の物質が出来て行くが、再び光を去除き、暗黒の状態にする事によって分解された物質は再び視紅に再生される。此の再生の過程は、橙黄から直接視紅にもどる場合と、視黄が視白を経由し、或は視白それ自身が視紅に再生される場合がある。前者は後者に比して速い。然し再生は分解よりも非常にゆっくりとしたテンポでなされるものである。

此の分解と再生は周囲の明るさが一定であれば一定の平衡状態を保っているが、周囲の明るさが少しでも変化する時、それに伴って視紅の分解が多くなるか、或は合成が多くなって周囲の明るさに適した新しい平衡状態を作り出す。暗順応時の刺激閾の変化は、此の視紅の蓄積によるものと考えられる。

Hecht, S (12) は明暗順応はロドプシンの二つの分解物質、即ち此の物質をPとAと云い、此れの合成及び分解の結果生ずるものと考え、此の合成・分解に要する反応時間と、暗中或は明中の時間との関数関係から理論式を導き、此れが暗順応の曲線と一致する事を主張している。

此の様な光化学物質の化学変化に依る研究とは別に、網膜に於ける電氣的变化から暗順応中に於ける過程を研究したのが Granit, R. や Bliss, A. F. 等である。

Granit, R. (26) の方法は角膜と眼球の後に電極を置き、眼に光刺激を与え、その眼に生ずる電氣的变化を掴まえた。その変化は大体次の様な型によって出て来る。即ち、光を与えると先づ初めに僅かに負の電氣変化 (A波) が得られ、その後A波に続いて正の変化 (B波) が短時間生ずる。それからそのB波が減じて後、正の変化

(C波)が比較的長い時間現われる。その時光が取除かれると、そのC波は減少するが途中で僅かに正の段階を保とうとする傾向(D波)が現われる。然し此のD波も直ちに減少して、光の与えられる以前の状態に復する。此のB波の潜時(Latency)や波の高さは光の強度に伴って変化する。

Riggs, L. A. (25) は網膜から直接、此のB波を用いて、暗順応の曲線を取りその曲線が人間の暗順応曲線と一致している事を指摘している。⁽³⁾

光化学反応に於ける暗順応曲線との一致は、桿体に於けるロドプシンのみの変化によるものであるが、人間に於ける光刺激閾法により測定された暗順応曲線は錐体も桿体も共に含まれたものと考えられるものであつて、⁽⁴⁾恐らくは錐体に含まれている物質(Iodopsin)の変化も何らかの形で参与しているものと考えられよう。例えば Bliss, A. F. (5) は錐体の化学物質を求める為の目的で行つた実験ではあるが、ロドプシンの吸収スペクトラムと、Iodopsinの吸収スペクトラムの再者を調べ、その間に異なる点を見出している。此の事を逆に考えて見るならば、ロドプシンの機能とIodopsinの機能の間に相異があり、順応現象にも影響を与えているのではないかと考えられよう。此の様な点から考えても、明暗順応による感度の変化がロドプシンにだけに原因を帰すると云う様に考へる事は少しく無理がある様に考えられる。然し Granit, R. の場合に於ては桿体も錐体も含めた網膜からのB波を取っている点に於て、電気的な変化と感度との対応は意味深いものと思われる。然し此の電気的变化の原因が何であるかと云う事は種々なる刺激事態の問題であつて、更に心理学の分野の研究に依るものと思う。

更に明暗順応の生理学的な変化として挙げられるものは瞳孔の大きさが光の強度によつて変化すると云う事である。然し此の点については、網膜に当り得る光の量の調節作用であつて、順応現象の生理学的機序にそれ程大

きな役割を果しているものとは思われないので割愛する。但し瞳孔の大きさは明るさの関数として一定の法則にのっとり変化すると云う事だけを附加して置く。

明暗順応の生理学的な機序がまだ充分に掴めていないとしても、明暗順応により感度の変化があり、此の様な感度の変化がある時には光化学的物質の分解・合成が行われ、然も電気生理的な変化が生じている事は確かである。

四

以上述べて来た様な感度と知覚事象との関係を明らかにして来た研究は非常に多くある。即ち刺激光を凝視する事によって生ずる感度の変化に関する実験的研究は多くの人々によって為された。そこでそれらの研究を二三紹介してみよう。本邦に於て此の部類に属すると考えられるもので。然も組織的研究がなされていると思われるものの中で横瀬善正の研究⁽²³⁾を挙げる事が出来る。彼の立脚点は所謂 Köhler, W (19) の心理物理的同型論 (Isomorphism)⁽⁵⁾であつて、そこから出発し種々なる図形の近傍に小光点を提示し、その刺激閾を測定しているのである。此の様な方法を用いた多くの実験の結果から次の様な結論を見出している。

(1) 光点の刺激閾は、それが投射される箇所が、刺激図形から離れるにつれて低くなり、図形の場の強さは図形からの距離の関数である。

(2) 光点の刺激閾は、刺激図形が強まるにつれて高くなる。依て図形の場の強さは図形の明瞭度の関数である。

(3) 他の条件が同一でも、光点の刺激閾は、図形の形によって相異してくる。依て図形の場の強さは図形の固有結構の関数である。

此等の結論から関数関係を導き、電磁気学に於ける、ビオール、サバールの法則を応用して場強の理論式を出している。さて、此のビオール、サバールの法則を利用して場強の理論式を導いた点及びその理論式の適否に関する論争があるとしても、又場強の理論式から導かれた曲線と現象的な種々の傾向とが良く一致すると云うものの、その場強が現象的な displacement を引起すと云う保証は全くないとしても、彼の行った実験から此れは確だと云うる点は提示された刺激図形を凝視する事によって、或は又凝視していた事によって（前者は同時事態であり後者は継時事態である）その刺激図形の近傍に於ける小光点の刺激閾が変化すると云う事である。此れはとりもなおさず、刺激図形提示による処の刺激図形の近傍に、光覚に於ける感度の変化が生じている事になる。更に換言すれば、刺激図形提示によりその近傍の感度が如何に変化し、その感度の変化の性質は刺激図形からの距離・明瞭度・刺激図形の固有結構等により如何に影響を受け、又その感度の変化は如何なる理論式に基づいているかを研究したものである。此の様に刺激提示による感度の変化と云うものを考える時、横瀬の如く中枢を考へるのは当然の事であると思うが、然し中枢の前段階として、前にも述べた順応現象による感度の変化と同じ様な網膜に於ける光化学的变化或は電気生理学的変化が一応考えられても良いのでないかと考へる。但し此の場合桿体に於けるロドプシンの光化学的变化のみを問題にするのではなく、桿体と同時に当然錐体の方も考慮に入れる必要があると思う。然し錐体に関する研究が前述の如く未だ充分な成果を挙げていない為、それについては何とも云えないが、桿体については比較的研究が進んでいる。例えば横瀬の研究に於て次の様な事を考へ

てみる。今網膜に或る図と地の明るさの異った明度を持つ円図形を提示するとする。網膜に於けるロドプシンの光化学的变化は光点の照射部位から離れるに従って指数関数的に減少すると云う事実から、円図形の照射部位から離れるに従って、ロドプシンの変化の度合が異って来るものと考えても不思議ではないであろう。此の時ロドプシンの変化の過程が横瀬の理論式に合うかどうか判らないが、何しろ此の時の横瀬氏の実験の結果の如く刺激図形から離れるに従って光覚閾の減少が存するのであるから、此の時の感度の減少がロドプシンの変化と対応しているのではないかと考える事が出来るであろう。此の事は大腦にその機序を求める前に網膜にその機序が既に存するのではないかと云う事を指示しているものである様に考えられる。但し此処に於て少しく此の考え方を否定する事の出来る様な研究もなくはない。例えば暗順応は前順応の総合的な明るさ（明度の異った様な光が順応前に照射されている場に於ては、その異った明度の総合的な明るさ）によって感度の変化を生ぜしめる等と云う研究がある。我々の眼に入ってくる光刺激がその視野全体に於て一樣なものであったのでは物の形態を認知する事は出来ない筈である。然るに前順応に於ける光刺激の影響は総合的な明度に依存するという事は、今少しく研究を要する問題であると考えられる。

更に図形認知と感度の問題を光刺激の刺激閾を測定する方法とは異って電気生理学的な方法を用いた実験的研究がある。即ち本川弘一(21)の行った一連の実験的研究である。即ち暗室中に於て光刺激を与える事により網膜に生ずる電気的变化を、前額と顳額に電極を置き、それに微弱電流を通電する事によって調べた。その手続は先づ図形を誘導光として眼に照射した後その図形の近傍の種々な位置に白色試験光を照射しその照射によって起る光覚の閾電圧を求めた。此の閾電圧の変化は誘導光として用いられた図形によっても異り、又一つの図形の

近傍の種々なる位置によって異って来る。此の本川の実験結果は横瀬の実験結果と、実験方法は異なるものであるがかなり類似した点を持っている。

此の本川氏の実験方法は Graef, R. の行った実験方法とは異なるものであるが、電気生理学的な研究と云う面に於ては同じものであり、考え方によっては Graef, R. の行った実験の B 波の或る一定の時間に於ける横の変化、即ち刺激の異った場合にどの様に B 波の量的な変化が現われるかと云う点を本川は実験したものであると考えても良からう。然も本川の実験を検討して見れば、此れも電気刺激法による光覚の刺激閾を測定したものであつて、所謂その意味では光覚の感度の測定と云いかえる事も出来る。本川は更に此の実験は「網膜誘導」であつて、知覚機序が既に網膜に於て成立して居る事を主張している。

横瀬の場合に於ては、中枢の過程を考えて居るのであるが、中枢過程に於ける知覚の説と云うものは未だ仮説の域を脱していないものであるから、中枢のみにその機序を求めず更に末梢に於ける諸現象を一応考えて見る必要があると思う。但し例えば図形知覚等と云う問題が末梢それ自身で解決出来るものであると考えているのではない。然し中枢だけを考えた時に網膜に生ずる現象が解決出来ない時がある。神経興奮の伝導経路をたどつて見ると組織学的に云つて末梢から中枢への一方的通路のみしか存在しない、中枢から末梢の方へ来ている神経伝導は動眼神経だけの様である。そこで若し中枢から末梢への神経衝動の伝導経路が考えられないとすると、網膜誘導が盲点の位置を越して現われると云う様な小谷津孝明 (20) の実験結果と云うものは解決出来ないものとなつて来る。そこで今迄大腦の過程であると考えられていた様な事実も何らかの形で、再び網膜にフィードバックされて来ているのではないかと云う事が考えられる。それ故網膜に於ける刺激閾の測定にしろ、又閾電圧を測定し

た時にしろ共にフィードバックの行われた後の結果を測定したものではないかと云う事になる。然しこのフィードバックの経路が生理学的に発見されない限り、必ずしもフィードバックが行われたのだと断言する事は出来なくなる。

とにかくそれがフィードバックであれなんであれ網膜自体に於て感度というものが変化しているのだから、此の感度と云うものから知覚の構造を探る事も出来るであろうと考えられる。

実際に昔から此の感度と図形知覚の研究と云う問題は多くの研究者によって行われているのでその研究を簡単に挙げて見る。

Aubert, H. (1) に依ると視標と背景の明度差が大きくなるに従って感度が高まり視標の網膜投影像が網膜よりも遙かに小さい場合でも良く知覚する事が出来る。⁽⁶⁾

実体鏡視に於てその角の閾値と明るさの関係を調べた所明るさの増加により閾値の減少が現われると云う事を Mueller, C. G. and Lloyd, V. V (22) により報告されている。

Hovland, C. I. と Brodshaw, D. A. (17) に依て行われた実験によれば、明室及び暗室に於いて光に反応する反応時間 (Hecht の場合の様な光化学反応の反応時間ではない) を測定しているが、その結果は明室に於ける光刺激に対する反応時間よりも暗室に於ける反応時間の方が短かった。此の点は暗室の方が光刺激に対する感度が高いと云う事が反応時間に影響して来ているものと考えられる。

照明の明るさによって視力 (Visual acuity) が変化する事は昔から知られている事実であって、暗い照明のもとでは視力も低く、照明が強くなれば視力も増進する。Hecht, S. (15) は此の視力の増進を感度により解釈

している。

色々な波長に対する感度の変化は桿体と錐体では異なっている。桿体の感度は500m μ の近辺で最高になり、錐体の感度は556m μ が最高であると言う事を Hecht, S. and Yun Hsia (16) によって明らかにされている。Graham, C. H., Baker, K. E., Hecht, S. and Lloyd, V. V. (10) 等によって行われた実験から、運動速度の閾値(角速度閾)とその運動物体の明るさの関係は、その明るさを増すに従って閾値は低下して来る事が明らかになった。

地とか図の上の光に対する刺激閾の差については Fry, G. M. and Robertson, V. M. (24) Gelb, A. and Granit, R. (8) Koffka, (18) K., Clark, K. J. W. and Zongwill, O. L. (6) 等により研究され、図形の内部に於ては外部に於けるよりも光点に対する閾値が高い、即ち感度が低い事を報告している。

此の外にも此の種に属する多くの実験的研究があるが、いずれも感度との関係に於て解釈する事が出来るものと考えられる。

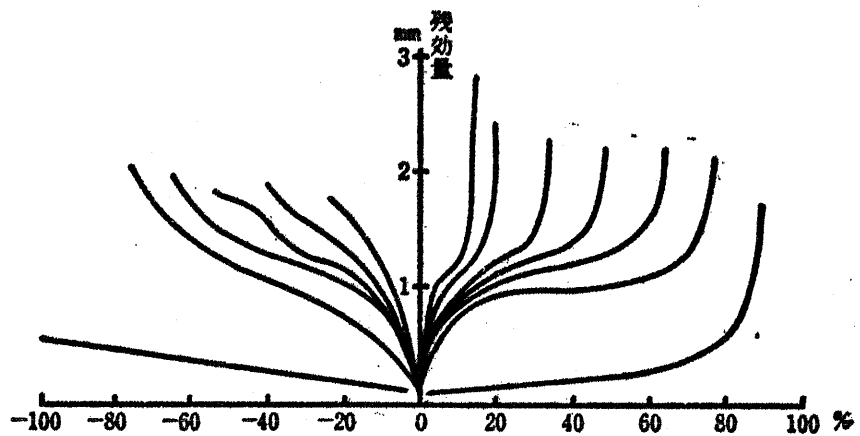
五

上述の様な考え方を進めて行く時、図形の認知・錯視・図形残効と云われている様な種類の知覚作用も、何らかの意味で感度と関係を持っているのではないかと考える事も出来ると思う⁽⁶⁾。そこで図形残効の実験を通して此の関係を調べて見る事が目的で私は次の様な実験を行った。即ち図形残効と云う現象も今迄述べて来た様な点か

らその凝視図形を或る時間注視している事によって、その凝視図形が占める網膜の位置の近傍の感度の変化が生じ、その感度の変化の過程と図形残効量の変化の過程を対応させる事によって、その間の関連性を見出して行うとした。此の場合感度の測定のために時間的側面から入り、従来行われている図形残効の結果を比較検討する事にも非常に意義があると考えられる。即ち一定時間凝視図形を見る事によって生じている或る感度は、他の条件（検査図形によって構成されている場）に於て時間的に何如なる変化を生じるかを見て行く事になる。然し時間の関数としての図形残効を測定した実験は、凝視図形として白紙上に画かれた円形線図形を或る一定時間だけ凝視した場合、その効果が検査図形に及ぼす影響は時間と共に如何に変化するかと云うのであつて、此の凝視図形を考えると、円形線図形ではその刺激面の明るさの勾配が一定され、然もその勾配が存する面積は非常に小さいものになってしまう。それに伴つて感度の変化も小さくなつてしまふであらう。若し或る一定時間だけ凝視する場合、順応現象に示した時と同じ様な効果があるならば、明るさの勾配の異つた種々な凝視図形を注視する事によつて当然感度はより多く変化すると考えられるからその間には残効量の変化も多く生ずるであらう。此の様に考へて時間の側面は一定として置いて凝視図形に於ける地と図の明るさの勾配を種々に変える事にした。その為時間的側面は見る事が出来ない。此の様な理由から凝視図形を円形線図形とせず円形面図形とし、而も白地の上に此の円形面図形を置かず色々な明さを持った地の上に色々な明るさを持った円形面図形を置いた。そして此の種々な凝視図形を注視した後の凝視図形によつて生ずる図形残効量の変化と、その種々な凝視図形を注視する事によつて生ずる感度の変化を調べる事にした。但し感度の変化に対する方のデータは現在実験中であるので未だ発表する事が出来ないが、残効量の測定に関しては充分データを取つてあるので此処では残効量の変化に

対する結果だけを發表する。

此の実験に使用した実験装置並びにその方法を簡単に記して置く。刺激の露出は手動式で瞬間的に凝視図形と検査図形が切換り得る様になっている。又視野を刺激の大きさに限定する為に 18cm×12cm 長さ 150cm の大きさの筒を使用し、筒の一方に被験者を坐らせ顔面固定器によって固定させ、その筒を通して刺激を凝視する様になっている。筒の他の一方から約 80cm 離れた所に刺激を提示する装置を置き、此の刺激提示面を 100W の散光用リフレクターランプ二ヶを用い上下から照明する。凝視図形の刺激（色々な明るさの無彩色色紙）の大きさは 38cm×22cm でその中央に×印の凝視点を置き、その凝視点の右側 2cm の所に直径 4cm の大きさの円図形を切り、その処に色々な明るさの無彩色色紙を提出して、図と地の明るさの勾配を変えた。検査図形は白色ケント紙（大きさ 38cm×22cm）上の中央に×印の凝視点を置き（此の凝視点は凝視図形に於ける×印の凝視点の位置と全く同一位置に置いた）凝視点の左側 2cm の所に直径 4cm の大きさの円形線図形を置き、此れを標準刺激とした。左側 2cm の所には直径 36mm から 42mm 迄 0.5mm のステップで円形線図形を置き、此れを変化刺激とした。そして凝視図形を 15 秒間注視した後に検査図形を提示し標準刺激と変化刺激が等しいかどうかを七件法によって答えさせた。刺激の提示順序は同一の地のもとで図の色々な明るさに変化した時の残効量を先ず測定し、次に又他の地のものに移ると云う風にしたが、図の明るさの提示順序及び検査図形の提示順序は全く random にした。検査図形の提示時間は約一秒とした。凝視図形の地の明るさは反射率で 91.8%, 80%, 65%, 50%, 35%, 20%, 10%, 3.2% とし図の明るさは夫々の地の明るさにより異っている。被験者は大学及び大学院学生八名に御願ひした。



図と地の反射率の差
図 7 明るさの勾配を持つ種々の凝視図形に対する
図形残効量

この実験によって得られた結果は次の通りである。図形残効量は図と地の明るさの差によって変化し、それぞれの地の明るさによって異なった型をとらず一つの関数係で表現され得る様な型である。図七は此の關係を示したもので横軸は図と地の明るさの差を示す。即ち図と地の明るさの差が大であればある程、その地の中での残効量は大きくなり、逆にその差が小さくなればなる程残効量も小さくなって行く。更に地が黒或は白或は灰と云う様な無色系列のものも地と云う様な性質になると同種の系列から除外され地が図よりも暗いか或は地が図よりも明るいかと云う様な性質によって残効量の減少の過程を変化させるのではないかと云う事もこの結果から考えられる。

更に Aubert, H. の前述の研究の結果からすれば、図と地の明度差が増すにつれて感度が増大するのであるから、此の点を私の結果と併せて考えて見ると感度の増大と共に図形残効量の増大が現われて来ると云う

事になる。

又 Baker, D. の前述の実験によると、明度の異った明るさに順応する事により、そこに生起する感度に差を生ずる。そしてその差は暗い程感度は良くなり段々と明るくなるに従ってその感度は減少する。此の点とを考え併せると地と云う大きな面積を占めている部分の明るさが暗ければ暗い程残効量は大きくなって居り、段々明る

くなるにつれ僅少ではあるが残効の減少を示している。此れはやはり感度の減少にともなう残効量の減少とも見える。

更に此の円形面図形上の一点に於ける光覚閾を夫々の明るさの異った刺激図形について測定した光覚閾値の相對量の変動の傾向と前述の実験の結果とが一致するならば、感度の變動と図形残効の間の關係を更に明瞭に掴む事が出来るであらう。此の点に関する実験的研究は現在継続中であるので後日発表する。

六

一般に感度と知覚作用とは密接な關係を有するものと考えられる。然るに知覚作用と大脳皮質の關係のみを考へて網膜自体に於ける作用を見逃しがちの様に感ぜられる。勿論大脳に於て究極的な認知が起る事は間違ないものであらうが、現在の段階に於て昔考へられた様な網膜はカメラの如きもので物理的の刺激そのまま受け入れるとは必ずしも云えない事は前にも述べた。それ故知覚作用それ自体を論ずる時、その手掛りを必ずしも大脳に結びつける必要はないかも知れないと云う事も出来て来る。何しろ霧の向うにある様な大脳皮質の事をうんぬんする前に、その前段階として比較的多くの方法で調べうる網膜事象を追究する事も必要であらう。そして物の認知と網膜事象の間に存する關係を明らかにする事は有意義であると思う。

(1) 此のデータの出てゐる原典に接する事が出来なかつたので Morgan, C. T. and Stellar, E.: *Physiological Psychology* McGraw-Hill New York 1950. によつた。

- (2) 視角とは物体が眼のレンズに入る時、そのレンズの中心線とのなす角を云う。
- (3) Riggs, L. A. の実験方法は Granit, R. の実験方法とは異り直接網膜に於ける Photocell に微小電極を指込んで此のB波を取ったものであるが此の方法が実際に一々の Photocell から取られたものであるかどうかの点については現在論争中である。
- (4) 錐体と桿体の分布は網膜の中心の方に於ては錐体が多く周辺に於ては桿体の方が多いと云う事で網膜の同一場所には桿体も錐体も共に存している。
- (5) Isomorphism に関しては哲学第二十七輯に於ける印東太郎の論文を参照されたし。
- (6) Aubert, H. の文献に接する事が出来なかった為横瀬善正 (23) によった。
- (6) 図形残効に関しては哲学第三〇輯に於ける筆者の論文を参照されたし。
- (7) 図と地の明るさの関係を心理学的に表現する事は非常に困難である。現在迄の色々な実験に於て使用されたものは、唯単なる比を取ったもの。Hammer, E. R. (11) によるC%等多くあるが此処では差を取った。

引用文献

- 1) Aubert, H.: *Physiologie des Mensch* 1905.
- 2) Baker, H. D.: Some direct comparisons between light and dark adaptation. *Jour. Opt. Soc. Amer.* 1955, 45.
- 3) Bartley, S. H.: Some factors in brightness discrimination. *Psychol. Rev.*, 1935, 46.
- 4) Beebe-Center, J. G., Carmichael, L. and Mead, L. C.: Daylight training of pilots for night flying. *Aeronaut. Eng. Rev.*, 1944, 3.
- 5) Bliss, A. F.: The chemistry of daylight vision. *Jour. Gen. Physiol.*, 1946, 29.
- 6) Clark, K. J. W. and Zangwill, O. L.: Observations relating to the threshold of a small figure within the contour of a closed-line figure. *Brit. Jour. Psychol.*, 1939, 30.
- 7) 藤田敏彦 感覚生理学総論 生理学講座 第十卷 生理学講座刊行会
- 8) Gelb, A. und Granit, R.: Die Bedeutung von "Figur" und "Grund" für die Farbenschwelle. *Zshr. f. Psychol.*

1923, 93.

- 9) Graham, C. H. Handbook of general experimental psychology. Vision III Some neural correlation. in Marchison (Ed.) Worcester: Clark Univ. Press. 1934.
- 10) Graham, C. H., Baker, K. E., Hecht, S. and Lloyd, V. V.: Factors influencing thresholds for monocular movement parallax. Jour. exp. Psychol., 1948, 38.
- 11) Hammer, E. R. Temporal factors in figural after-effect. Amer. Jour. Psychol., 1949, 62.
- 12) Hecht, S.; Handbook of general psychology. Vision II The nature of the photoreceptor process. in Murchison (Ed.). Worcester: Clark Univ. Press. 1934.
- 13) Hecht, S., Haig, C. and Chase, A. M.: The influence of light adaptation on subsequent dark adaptation of the eye. Jour. Gen. Physiol., 1937, 20.
- 14) Hecht, S., Haig, C. and Wald, G. Dark adaptation of retinal fields of different size and location. Jour. Gen. Physiol., 1935, 19.
- 15) Hecht, S. and Mintz, E. U. The visibility of single lines at various illuminations and the retinal basis of visual resolution. Jour. Gen. Physiol., 1939, 22.
- 16) Hecht, S., and Yun Hsia., Dark adaptation following light adaptation to red and white lights. Jour. Opt. Soc. Amer., 1945, 35.
- 17) Hovland, C. I and Brodshaw, D. A., Psychol. Forsch., 1935.
- 18) Koffka, K., Principles of gestalt psychology. New York: Harcourt, Brace, 1935.
- 19) Köhler, W.; Gestalt Psychology. 1929.
- 20) 小谷津孝明 網膜に於ける誘導過程の研究 慶應義塾大学卒業論文 一九五八年 第22回日本心理学会大会発表
- 21) 本川弘一 感覚の生理学的基礎 科学第十八卷 一九四八年
- 22) Mueller, C. G., and Lloyd, V. V. Stereoscopic acuity for various levels of illumination. Proc. nat. Acad. Sci., Wash., 1948, 34.

23) 横濱善正 視覚の心理学 現代心理学体系14 共立出版 一九五六

24) Fry, G. M. and Robertson, N. M., Alleged effects of Figure-Ground upon hue and brilliance. Amer. Jour. Psychol., 1935, 47.

25) Riggs, L. A. and Graham, C. H., Effect due to variations in the light intensity on the excitability cycle of the single visual sense cell. Jour. Cell Comp. physiol., 1945, 26.

26) Granit, R.; The components of the retinal action potentials in mammals and their relation to the discharge in the optic nerve. Jour. Physiol., 1933, 77.

27) Wald, George, and Clark, A. B.; Visual adaptation and the chemistry of the rods. Jour. Gen. Physiol. 1937, 21.