

## 瞳孔条件反応に関する研究

朝長, 昌三

<https://doi.org/10.15017/2328655>

---

出版情報 : 哲學年報. 36, pp.59-69, 1977-03-31. 九州大学文学部  
バージョン :  
権利関係 :

# 瞳孔条件反応に関する研究

朝 長 昌 三

## 目 次

I はじめに	あとがき
II 実 験 3	参考文献
III 実 験 4	

## I はじめに

人間の眼球において眼球運動、焦点調節作用、瞳孔運動という3つの機能をつかさどる機構のことを、眼球制御系という。

眼球運動というのは、注視する対象の位置の変化に伴って、この対象に視線を合わせようとする機能である。焦点調節作用というのは、対象に眼のピントを合わせようとする機能である。瞳孔運動というのは、対象の明るさに変動が生じた場合にこれを打ち消して、網膜に達する光量をできるだけ一定に保とうとする機能である。

眼球制御系内の各機構の動作は常に相互に関連しているので、3つの機構を切り離してそれぞれを独立に論ずることは不適當である。しかしこういった扱いは実際には困難であるため、3つの機構を独立に解析するのが最も基本的な方法となっている。すなわち、各機構は切り離されているものと仮定し、眼球運動に関しては注視対象の運動を、焦点調節作用に関しては注視対象の距離の変化を、そして、瞳孔運動に関しては注視対象の明るさの変化を、おのおのの機構に関する主要な入力であるとする。

われわれは本論文において、眼球制御系の中の瞳孔運動をとり上げ、従来問題とされてきた瞳孔条件反応に関する研究を行った。

虹彩には光を通す開口部があり、これを瞳孔と呼ぶ。瞳孔調節系には2つの主要な機能がある。その1つは網膜に入る光量を調節することであると考えられている。

瞳孔は、覚醒時においては絶えず大きさが変化している。すなわち、瞳孔の収縮している睡眠中を除くと、大きさは一定ではない。

瞳孔を形づくる虹彩には、瞳孔括約筋と瞳孔散大筋の2種類の筋肉が存在する。瞳孔括約筋は、幅が0.7~1mmの扁平な輪状の平滑筋から成っている。この平滑筋は非常によく収縮し、極度に収縮すると瞳孔は直径が1mmぐらいになる。また十分に弛緩すると8mmぐらいになる。瞳孔括約筋は、Edinger-Westphal核から発する副交感神経線維を含む動眼神経の支配を受けている。

瞳孔散大筋は、虹彩の後面に接し、毛様体縁から瞳孔縁に向かって放射状に走る平滑筋である (Lowenstein & Loewenfeld 1962)。瞳孔散大筋は、交感神経線維の支配を受けている。

瞳孔径の大きさは、瞳孔括約筋と瞳孔散大筋のバランスによって決定する。これら2つの筋のバランスは、種々の因子によって容易に影響される (Lowenstein & Loewenfeld, 1962)。

光に対する瞳孔収縮反射の受容器は、網膜の桿状体と錐状体である (Lowenstein & Loewenfeld, 1959)。網膜の桿状体から発した興奮は視神経を通り、視神経交叉から中枢へと至る。これにあずかる視神経に関して、2つの説がある。1つは視覚のインパルスを伝えるものと共通であるという説である。他の1つは、受容器のところで対光反応を司る細胞と、視覚を司る細胞が別であるという説である。これら2つの説のうち、前者の考え方が多い (Lowenstein & Loewenfeld, 1962)。

光刺激は光度の差として網膜の桿状体と錐状体によって受容される。光に対する瞳孔反応は、まず稀に仮性散大が生じる。次に強い収縮が生起し、続いて再拡大が生起する。

Lowenstein Loewenfeld (1950b, 1951, 1952a, 1952, 1962) は、激しい感覚的または情動的な刺激に対して、あるいは強い興奮という条件のもとで、光刺

激を提示すると、特徴的なWまたはV型の反応が生じることを見出した。これらの対光反応の抑制は後部視床下部の活動によるものとした。Lowensteinの研究は心理学の領域において有益な応用面を指摘したが、その研究は妥当性と信頼度において欠けていた。

筋肉運動と痛刺激に対する散瞳に関しては多くの報告がなされているが、多くの研究で反応の事実を示す資料は提出されていない。これらの散瞳は、何か努力しようとする精神的な過程に対して大脳皮質を介して生起する付随現象であると考える人もある（大塚 1966）。

Hessは、味覚、音楽、視覚刺激に対する散瞳を、好み、興味、感情ならびに動機の指標として説明した。

Hutt (1967) は、情緒的な言葉を瞬間的に露出して、瞳孔径を言葉の認知閾の間に統計的に有意な負の相関を見出した。

興味または情緒的に負荷された刺激は瞳孔反応を生起させるという Hess の証明によって、Vacchiano ら(1968) は、価値的な色彩を帯びた単語を眺めた時にも同様なことが生起するとして、瞳孔径を測定した。しかし、瞳孔径と単語のもつ価値との間にいかなる相関も存在しないと報告した。

Lowenstein (1920) は、知的な過程における注意集中の増加に伴って散瞳が観察されたと報告した。

暗算、連続処理作業、弁別作業などに関連した瞳孔反応の研究が多くなされ、種々の困難さのレベルの課題に対する瞳孔反応は異っていることが示された。

以上のように、心的活動と瞳孔反応に関する研究を述べたが、瞳孔活動に影響を及ぼす種々の要因については基礎的研究が不足している。

瞳孔反応における条件反応の研究は、1921年以後多く発表されているが、今日でもなおその可能性の成否については問題になっている。しかし古武弥正(1956)は、次のような点を述べて瞳孔条件反応の研究に示唆を与えている。すなわち

(1) 瞳孔条件刺激としての聴覚刺激は、強いものよりも識閾、あるいはそれ以下の弱くて長いものがよい。

(2) 刺激提示の時間的關係については、同時提示による同時条件形成よりも、継時提示による継時条件形成の方がよい。

瞳孔条件反応の実験の手續きには、従来から2つの方法がある。第1の手續きは、Hudgins らの用いている方法である。この方法では、強化の際ベルまたはブザーなどの比較的強くしかも激しい音を無条件刺激である光とともに同時点に与え、2日にわたり200回以上も強化する。第2の手續きは、Baker らの用いた方法である。この方法では、条件刺激は1024Hzの純音を刺激よりも数 db 位弱く、しかも長い時間与え、無条件刺激としての光は継時的に与える。この方法によると、強化の回数はわずか3回で条件形成された。したがって条件刺激は識閾下のものを用いた方が、識閾上のものを用いた場合よりも容易に条件形成されたことになる。

以上のようなことから古武らは、次の3つの条件の下で実験を行った。

(1) Hudgins と同じ方法を用いた。この方法では、強化回数を増加しても、よい結果は得られなかった。

(2) 条件刺激を聴覚の閾値の強さで、1024Hz を用い7秒間与え、3秒の継時で無条件刺激を4秒間与えた。この結果、10回の強化に明らかな潜時を示して条件反応の形成が記録された。

(3) 分化強化法を用いた。この方法では、単独に強化された結果に比べ、漸進的にしかも安定的な過程が記録された。

これらの実験結果から古武らは、人間の条件反応に関する原理がこれらの事実の中に含まれているだろうと報告した。

古武ら (1963, 瞳孔条件反射に関する研究) は次のような実験を行った。

光電管式瞳孔測定器を用い、条件刺激を1,000Hzの純音(0, 20, 60db)、無条件刺激を眼に対する光の照射とする。強化は40回で、テストを強化の第2, 5, 10, 17, 20, 29, 35, 40回目の後に挿入する。

(1) 条件刺激(CS)が0dbの場合

- ① CS を 6.5 秒として無条件刺激 (US) を 0.5 秒延滞させる。
- ② CS を 12 秒として US を 6 秒延滞させる。

(2) 継時条件形成

- ① CS (0db) を 6 秒とし、その後 US を入れる。
- ② CS (20db) を 6 秒とし、その後 US を入れる。
- ③ CS (60db) を 6 秒とし、その後 US を入れる。

以上の実験条件の下で、次のような結果を得た。すなわち、同時条件形成群 (CS は 0db) においては、被験者 5 名中 1 名もいなかった。これに対して CS を 6.5 秒として US を 0.5 秒延滞させた場合 (CS は 0db)、CS を 6 秒としてこの後に US を入れた場合 (CS は 0db)、そして CS を 6 秒としてこの後に US を入れた場合 (CS は 60db)、被験者 5 名中 3 名に形成された。そして、CS を 6 秒として、この後 US を入れた場合 (CS は 20db)、5 名中 2 名に形成された。

以上の結果から、同時条件形成においては条件形成が困難であったが、延滞 (6 秒) および継時条件形成の手続きを用いると、非常に微弱な刺激に対しても瞳孔条件形成を成立させることは可能であるという結論を得た。

朝長 (1976) は、古武弥正ら (1936) が行った「瞳孔条件反射に関する研究」に対して検討し次のような実験結果を得た。すなわち、継時条件形成の手続きにおいて、CS が 0db の場合、被験者 7 名中 5 名に、また CS が 60db の場合、被験者 8 名中 7 名に形成された。

これらの結果からわれわれは、継時条件形成の手続きを用いると、比較的強い刺激 (60db) に対しても、継時条件形成を成立させることは可能であるという結論を得た。

古武らが報告したように、延滞条件形成の手続きを用いると瞳孔条件形成を成立させることは可能であるが、同時条件形成の手続きを用いると条件形成は困難であるということに検討を加えた。

目 的

古武らは、光電管式瞳孔測定器を用いて、同時条件形成と延滞条件形成の手

続きにより実験を行った。そして、同時条件形成の場合には被験者 5 名中 1 名も形成されず、延滞条件形成の場合には 5 名中 3 名に形成された。

われわれは、これらの結果を検討するために、電子走査型瞳孔測定器を用いて実験を行った。

### 方法

瞳孔径は、電子走査型瞳孔計によって連続的にペンオッシュログラフに記録された。

条件刺激と無条件刺激は、4 台のタイマーとアンプによってコントロールされた。

各被験者は、遮音の薄暗室（背景照度 0.25 foot-lamberts）に 20 分間順応した後に、瞳孔計の頭部固定器に頭部を固定し、顔前 1m の距離にある凝視点（発光ダイオード、対光反応を起さない明るさの赤色光）を凝視するように指示された。その後実験者は瞳孔計を調節し、条件刺激と無条件刺激に対する被験者の閾値測定を行った。

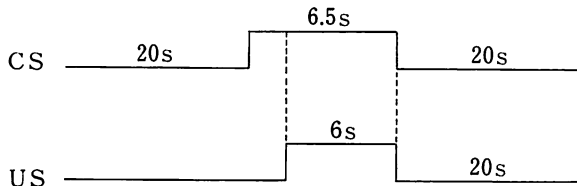
条件刺激は 1,000Hz, 0db ないし 60db の純音で、ヘッドフォンを通して提示された。無条件刺激は、 $175\text{cd/m}^2$  の光で、被験者の顔前 25cm の距離に提示された。

強化回数は 40 回で、テストを強化の第 2, 5, 10, 17, 20, 29, 35, 40 回目の後に挿入しこれらのテストを  $T_1, T_2, \dots, T_8$  とした。

## II 実験 3 同時条件形成

CS は、1,000Hz, 0db の純音である。

CS と US の提示は次の通りである。

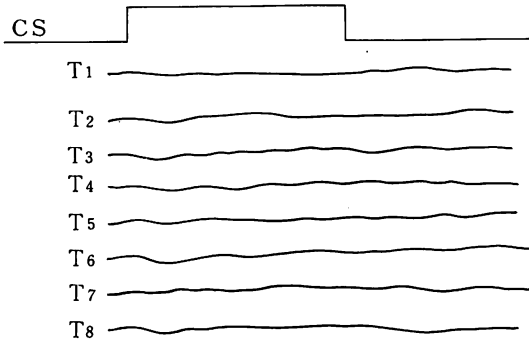


**被験者**

19～23歳の健康で、視覚正常な大学生 8 名（男子 6 名，女子 2 名）。

**結果と考察**

条件形成が成立したものは，8 名中 1 名であった。次の図は，条件づけられたとみなされた被験者の 8 回の条件形成過程である。



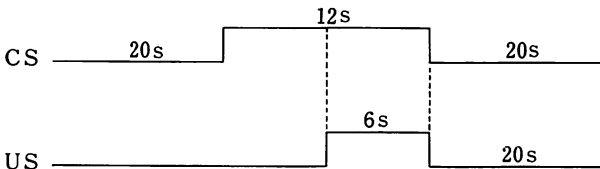
図において，強化回数が増加するにつれて瞳孔収縮反応がみられたので，条件形成が成立したとみなした。

古武らによると，条件形成が成立したものは 5 名中 1 名もいなかったが，われわれの場合には，8 名中 1 名ではあったが，条件形成が成立した。

**III 実験 4 延滞条件形成**

CS は，1,000Hz, 0db の純音である。

CS と US の提示は次の通りである。



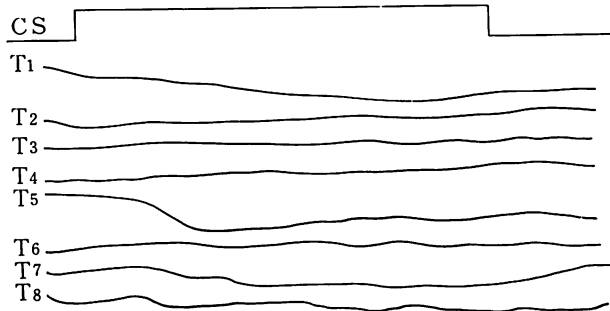


### 被験者

19～22歳の健康で、視覚正常な大学生 8 名（男子 5 名，女子 3 名）。

### 結果と考察

条件形成が成立したものは，8 名中 3 名であった。次の図は，条件づけられたとみなされたある被験者の 8 回の条件形成過程である。



図において，強化回数が増加するにつれて瞳孔収縮反応がみられたので，条件形成が成立したとみなした。

古武（1956）は，瞳孔条件刺激としての聴覚刺激は，強いものよりも識閾あるいは，それ以下の弱くて長いものがよいと報告した。

しかしながら朝長（1976）の実験において，条件刺激が 0db の継時条件形成の場合には，被験者 7 名中 5 名に，また条件刺激 60db の継時条件形成の場合には，被験者 8 名中 7 名に形成された。

これらの結果からわれわれは，同時条件形成および延滞条件形成においても，60db の条件刺激を用いて実験し，現在，分析検討中である。

## あ と が き

本実験は、熊本大学教養部心理学教室において行なった。最後に、ご指導いただきました船津教授、熊本大学教養部心理学教室の重岡教授、松永講師、浜田氏に感謝いたします。

## 註

- 1) Adler, F.H.: Physiology of the eye. 2nd ed., C.V. Mosby Press. St. Louise 1953.
- 2) Crouch, R.L.: Efferent fibers of Edinger-Westphal nucleus. J. Comp. Neurol. 64: 365, 1936.
- 3) Edinger, B., Falck, B., Persson, H., Rosengren, A.M. and Rosengen, E.: Choline acetylase activity in the normal and denervated cat iris. Life Sci. 5; 481, 1966.
- 4) Foerster, O., Gagel, O. and Mahoney, W.: Uber die anatomie, Physiologie und Pathologie der pupillarinnervation. Verhandl. d. deutsch Gesellsch. f. inn. Med; 48; 386, 1936.
- 5) 福元格太郎: 学習心理学, 学習理論研究グループ編, 1968.
- 6) Gellhorn, E.: Autonomic regulations, their significance for physiology, psychology, and neuropsychiatry. Interscience, New York, 1943.
- 7) Gullberg, J.E., Olmsted, J.M.D. and Wagman, J.H.: Reciprocal innervation of the spincter and dilator pupillae. Am. J. Physiol., 122; 160, 1938.
- 8) Gunter, R.: The spectral sensitivity of light adapted cats. J. Physiol. 123; 409, 1954.
- 9) Hakerem, G.: Pupillary reactions in schizophrenia. In Schizophrenia Current Concept and Research, PJD Publications, New York. 1969.
- 10) Harms, H., Aulhorn E., und Ksinsik, R.: Die Ergebnisse pupillomotorischer Perimetrie bei Sehirnverletzten und die Vorstellungen über den Verlauf der Lichtreflexbahn, In die normale und die gestorte Pupille nbe wegung. Vørlag Jo.F. Fergmann, München, 1973.
- 11) Hess, E.H. and Polt, J.M.: Pupil size as related to interest value of visual stimuli. Science, 132, 340, 1960.
- 12) Hodes, R.: The efferent pathway for reflex pupillo-motor activity. Am, J. Physiol., 131; 144, 1940.
- 13) 古武弥正, 新浜邦夫: 条件反応, 現代心理学大系, 共立出版株式会社, 1963.
- 14) Kuntz, A. and Richins, C.: Reflex pupillodilator mechanisms, experimental anal-

- ysis. *J. Neurophysiol.*, 9; 1, 1946.
- 15) 桑原道義, 相馬敬司: 生体調節系の解析, コロナ社, 1970.
  - 16) Lidsky, A., Hakerem, G. and Sutton, S.: Pupillary reactions to single light pulses in psychiatric patients and normals. *J. Nerv. Ment. Dis.*, 286, 1971.
  - 17) Loewenfeld, I.E.: Mechanisms of reflex dilatation of the pupil: His trical review and experimental analysis. *Docum. Opthal.*, 12; 185, 1958.
  - 18) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I.E.: Mutual role of sympathetic and parasympathetic in shaping of the pupillary reflex to light. *Arch. Neurol. Psychiat.*, Chicago, 64; 341, 1950.
  - 19) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I.E.: Scotopic and Photopic threshold of the pupillary light reflex in normal man. *Am. J. Opthal.*, 48; 87, 1959.
  - 20) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I.E.: Influence of retinal adaptation upod the pupillary reflex to light in normal man. pt. I. Effect of adaptation to bright light on the pupillary threshold. *Am. J. Opthal.*, 48; 539, 1959.
  - 21) Lowenstein, O. and Loewenfeld, I.E.: Infuence of retinal adaptation upon the pupillary reflex to light in normal man. pt. II. Effect of adaptation to dim illumination upon pupillary reflexes elicited by bright light. *Am. J. Opthal.*, 51; 644, 1961.
  - 22) Lowenstein, O. and Lowenfeld, I.E.: The pupil in H. Davson(ed), *The eye* vol.3, Accademic Press, New York, 1962.
  - 23) Magoun, H.W. and Ranson, S.W.: The afferent path of the light reflex. A review of the literature. *Arch. Opthal.*, 13; 362, 1935.
  - 24) Magoun, H.W. Ranson, S.W. and Mayer, L.L.: The pupillary light reflex after lesions of the posterior commssure in the cat. *Am. J. Oothal.*, 18: 624, 1935.
  - 25) Nisida, I. and Koike, A.: The afferent pathway of the pupillary light reflex. *Yonago Acta Medica*, 2; 133, 3; 6,3; 11, 1957-1958.
  - 26) Nisida, I., Okada, H. and Nakano, O.: The reactivity of the ciliospinal centers and their inhibition in light reflex. *Jap. J. Physiol.* 10: 73, 1960.
  - 27) 松永勝也: 光刺激に対する瞳孔の反応について, 哲学年報 Vol. 34, 1975.
  - 28) Ray, B., Hinesey, J.c. and Geohagan, W.A.: Observation on the distribution of the sympathetic nerves to the pupid and the upper extremity as determined by stimulation of anterior roots in man. *Ann. Surg.*, 118; 647, 1948.
  - 29) Rubin, L.S.: Pupillary reactivity as a mesure of adrenergiccholinergic mechanism in the study of Psychotic behavior. *J. Nerv. Ment, Dis.*, 130; 386, 1960.
  - 30) Rubin, L.S. and Barry, Y.J.: Autonomic fatigue in Psychoses, *J. Ment. Dis.*, 147.; 211, 1968.
  - 31) Rubin, L.S. and Barry, T.J.: The effect of cold pressor test on pupillary reacti-

- vity of schizophrenics in remission. *Biological Psychiatry*, 5; 181, 1972.
- 32) Rubin, L.S.: Autonomic dysfunction in psychotic adults and autistic children. *Arch. Gen. Psychiat.*, 7; 1, 1962.
- 33) Sloan, L.L.: Rate of dark adaptatin and regional threshold gradient of the dark adapted eye.: Physiologic and crinical studies. *Amer. J. Opthal.* 30; 705, 1947.
- 34) Stiles, W.S. and Crawford, B.H.: The effect of a glaring light sourse on extra-foveal vision. *proc. roy. Soc., B.*, 122; 255, 1937.
- 35) Stilson, D.W., Haseth, K., Schneider, R.J., Walsmith, C.R., Rogers, M.D. and Astrup, C.: Pupillary response to light as an indicator of functional pschosis.: A falure to replicate. *J. Nerv. Ment Dis.*, 143; 438, 1966.
- 36) 朝長昌三：瞳孔条件反応に関する研究，哲学年報 Vol. 35, 1976.
- 37) Uray, B. and Oldberg, E.: Effect of cortical lesions on affective pupillary reactions. *J. Neurophysiol.*, 3; 201, 1940.
- 38) Ward, A.A. Jr. and Reed, H.L.: Mechanism of pupillary dilatation elicited by cortical stimulatjon. *J. Neurophysiol.*, 9; 329, 1946.
- 39) Weinstein, E. and Bender, M.: Pupillo-dilatator reactiions to sciatic stimulation; Comparative study in cat and monkey. *J. Neurophysios.*, 4; 44, 1941.
- 40) 宮田洋：古典的条件づけと学習，八木晃，講座心理学，6学習，東京大学出版会，1974