

## 第5章 結 び

1) 明適応すると限界頻度は減少する。

2) 明適応した場合の主気圧に於て白色光の限界頻度は変化しないらしい、しかし疲労した場合には限界頻度の増加の傾向がある、

### 主 要 文 献

- 1) Adrian. E.D. and R. Mathews : J. Physiol. **64**, 279, (1927), **65**, 273, (1928).
- 2) Bunge E.: Arch. Augenheilk **110**, 189, (1937)
- 3) 下司, 松本, 河野, 松浦, 西田: (1942) 未発表.
- 4) Goldmann H. and G. Schubert : Arch. Augenheilk **107**, 216, (1933).
- 5) Hecht S, C. Haig. and G. Wald : J. Gen. physiol. **19**, 321, (1936).
- 6) Hecht S. and C. V. Verrijp : J Gen. Physiol. **17**, 251, 269, (1934).
- 7) Ives : Proc. Royal Soc. London. **105**, 60, (1930), カラ引用.
- 8) Lythgoe. R. J. and K. Tanslay : Proc. Royal Soc. London. **105**, 60, (1930).
- 9) Mc. Donald. R. and F. H. Adler : J. Gen. Physiol. **23**, 613, (1940) カラ引用.
- 10) Mc. Farland R. A. and J. N. Evans : Amer. J. Physiol. **127**, 37, (1939).
- 11) Seitz : J. Gen Physiol. **23**, 616, (1940) カラ引用.

## 眼の限界融合頻度に及ぼす低圧の影響

(第 二 編)

岡山医科大学生理学教室 (指導 故 生沼教授)

竹下明夫・故津田次郎・下司孝麿

[昭和27年4月15日受稿]

### 第1章 前 書 き

前編(1)に於て我々は2つの知見を得た。1つは暗適応すると一般に一定の網膜照度の光に対する限界融合頻度は増加すること、第2に低圧に於ても「網膜照度の対数——限界頻度曲線の形は平圧の時と変らぬことである、前編でこの曲線が低圧になると、ずれはしないか即ち一定の光に対する限界頻度が変化しないかを調べたが確実なる成績に達し得なかつた。これは廻転装置が一度休止した後再び廻転せしめるとその速度が既に休止前と必らずしも等しくない為めらしく思はれたので今回は装置を改良して実験を行つた。

### 第2章 実験装置と実験方法

実験装置の大部分は前編と同様であつて、

被検者は常に低圧室内にあり、眼前に人工瞳孔(直径2.8mm)、二重楔(Doppelkeil, Zeiss)「色フィルター」を置き、それ等を通して「チラツキ視野」及び照明視野(前者に連続して取囲み、それと等輝度な視野)を見た。

二重楔は「灰色フィルター」であつてその濃度を任意に加減出来る様になつている。「色フィルター」としては Leiphophotometer 用の「色フィルター」を用ひたが、その波長は略々赤674m $\mu$ 、黄570m $\mu$ 、緑530m $\mu$ 、青465m $\mu$ である。勿論各色は純粹ではないので手持分光器(Adam Hilger 製)の細隙を開放にして「色フィルター」を細隙の前におき60W電球を直視しながら認め得る波長域を測定した。その結果は次の通りである。

赤(648m $\mu$ ~724m $\mu$ )

黄(568m $\mu$ ~610m $\mu$ )

緑 (517m $\mu$ ~550m $\mu$ )

青 (400m $\mu$ ~580m $\mu$ , 683m $\mu$ ~723m $\mu$ ,  
但し 532m $\mu$ ~560m $\mu$ に吸収帯あり)

この中で黄は Natrium-Klein-Lampe (Zeiss) と比して遜色がないけれども青は上記の通り純粋ではない。

低圧室の窓硝子を距て、視角 10° の照明視野及びその中央に視角 2° の「チラツキ視野」「廻転セクター」があり、その向ふに Hering の暗箱を置いた、又 100V の直流 (蓄電池) で電燈を点じ、各視野が等輝度になるやうに照らした。

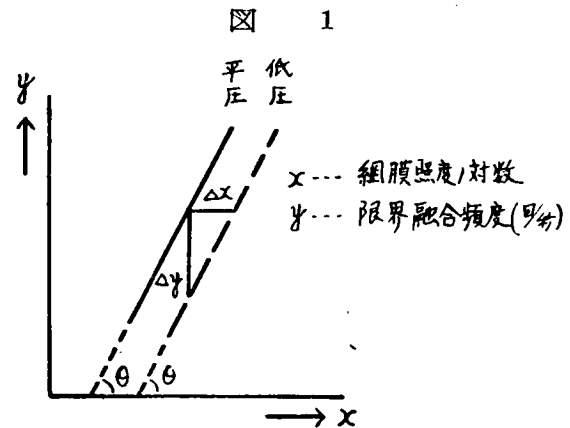
本論文に於ては照明視野を用ひない場合がある。この時は低圧室の窓硝子を視角 2° に相当する孔のある黒紙 (充分に厚く且つ黒くて光を通さないことを確めてある) を貼つた。光度を強くするため窓硝子と電燈との中間に「廻転セクター」を置き、すり硝子で拡散された電燈光を直視する様にした場合もある。

「廻転セクター」の廻転速度を一定に保つ為めには 1/10 馬力 100V 直流発動機 (島津製) を 100V 直流 (抵抗 160r を入れる) で廻し、定速度調整器 (Boulitte 社製と同様に本教室工作室で製作)。Variabbe speed gear (Palmer 社製) によつて任意の定常な廻転速度を得た。

実験室は暗室にすることが困難であつたので実験は全て夜間 19 時~24 時の間に行ひ、衝立、暗幕等によつて外部からの光の影響をなるべく少くする様に努めた。又実験条件を一定にし、且つ疲労によつて起り得る誤差を可及的少くする為め明又は暗順応 20 分後は「チラツキ視野」注視約 1 秒、明又は暗順応 2 分と決めてこれを繰返した。低圧は 380 mmHg であつて 20 分かつて減圧した。装置、実験方法の詳細は前編で述べたから本文では省略する。本実験は昭和 17 年 7 月 14 日から 11 月 18 日に至る間に行ひ、実験回数 21 回、低圧実験は 19 回であつた。

網膜照度の対数 ( $x$ ) を横軸、限界頻度 ( $y$ ) を縦軸にとつた直角座標軸に於て実験値の現はす曲線は直線となる (1)。即ち  $y = a + bx$

( $a, b$  は常数) で示される。直線が横軸と交れる角を  $\theta$  とすると、 $b = \tan \theta \times 10$  ( $x$  の日盛を  $y$  のその 10 倍にした)。であり、 $b$  を以て直線の傾斜度を現はすことが出来る。若し  $x-y$  曲線が低圧に於てずれるならば、傾斜度に変化はないから一定の  $y$  に対する  $x$  の差  $\Delta x$  が「ズレ」である (図 1) 併しながら此の方法は実験操作が手数を要し被検者を疲労せしめるので一定の  $x$  に対する  $y$  の差 ( $\Delta y$ ) を求め、「ズレ」は  $\Delta x = \frac{\Delta y}{b}$  として計算した。平圧時より増す方を (+) 減ずる方を (-) とする。 $\Delta x$  の真数 ( $\alpha$ ) を求めると同一限界頻度を与える光度の平圧時と低圧時との比となる。即ち  $\alpha$  は眼機能が同一の時低圧時の光度が平圧時の光度の何倍であるか (-) の場合はその逆) を示している。



これは次の事と同じ意味である。若し低圧時に光度が減ずるならば  $\alpha$  は 1 以下となつて  $\alpha$  の大きさを直観的に比較し難いからその逆数を取り (-) の符号を附したのである。光度は網膜照度で現はすのが適當であるからこの  $\alpha$  を照度倍数と名づけた (2)。実験は先づ平圧に於てなし、次いで低圧に於て試みた。

### 第3章 実験成績

#### 1. 種々の波長光に対する限界頻度と光度との関係

前項で述べた如き方法で  $L (= \text{antilog} \frac{\Delta y}{b})$  を計るには  $x-y$  曲線の傾斜度が判つていな

ければならない。白色光に於ては平圧と低圧でその傾斜度に変化が無いが、各波長光に於ても同様であらうとの仮定の下に此の実験を進めた。それは視力に於ける実験ではさうであつたし(2), その曲線の形の類似性から云つても(2, 3) 誤ないと思ふ。実験方法は眼前70cmに凹面反射板を備へた100W「マツダ電球を、眼前30cmに「廻転セクター」を、眼前に「色フィルター」及び「灰色フィルタ

ー」を置いた。「チラツキ」光は視角2°でその周囲は暗である、20分間暗適応後検査を始めた。

此の場合  $x-y$  曲線の傾斜度が判ればよいのであるから、各波長光の光度は夫々について比較的計算した(表1, 図2) その結果は各波長光で傾斜度 ( $\tan\theta \times 10$ ) は同一と看做してよく平均12.7であつた(表2)。

表1 種々の波長光に於ける限界融合頻度と網膜照度の対数(比較的)との関係(被検者津田, 日附18/Ⅱ)

色	回/秒	36.4	32.1	28.4	26.2	24.0	20.2	18.2	16.0	14.2
赤			0.879	0.669	0.341	0.127	1.785	0.010	1.642	
		1.338	0.843	0.633	0.269	0.143	1.869	1.883	1.477	
黄					1.640		1.155	0.948		
					1.563	1.411	1.124	0.983		0.843
緑			1.125	0.843	0.705	0.523	0.267	0.179	1.869	
		1.373	1.017	0.774	0.669	0.414	0.233	0.127	1.826	
青			1.373			0.843	0.632			
			1.449	1.195	1.089	0.913	0.522	0.302		

図2

種々の波長光に於ける  $x-y$  曲線。(網膜照度は比較的な価である)(被検者津田)

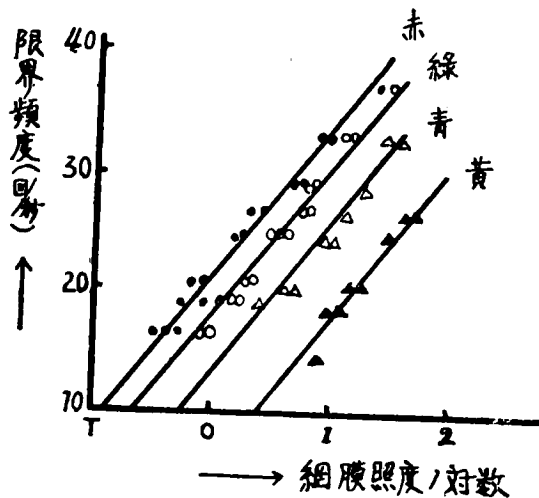


表2 種々の波長光に於ける  $x-y$  曲線の傾斜度(図2から)

色	波長	$\theta$	傾斜度
赤	674m $\mu$	51.0°	12.4
黄	570m $\mu$	52.5°	13.1
緑	530m $\mu$	51.5°	12.6
青	465m $\mu$	51.7°	12.7
平均		51.7°	12.7

分注視, 明順応した後実験を開始した。明順応時の網膜照度は880 Photonsである, 「チラツキ」光(視角2°)の周りには等輝度の照明視野(視角10°)をおき, その外は暗である。前項で  $x-y$  曲線の傾斜度は光の波長に拘はらず一定であることが明になつたから白色光について傾斜度を計り, それをそのまま各波長光に用ひた。結果は表3の通りである。傾斜度( $b$ )は22.0, 照度倍数( $\alpha$ )は白>赤>黄>緑>青=1.00であつた。即ち同一照度では

2. 限界融合頻度に及ぼす低圧の影響

1) 明順応し照明視野ある場合

低圧室内の白い濾紙(視角約110°)を60Wの昼色電燈光で照し, その濾紙を裸眼で20

表 3. 明順応し照明視野ある場合

被検者	色	網膜照度の対数	限界頻度(回/秒)		頻度の差(Δy)	傾斜度(b)	照度倍数(α)	日附
			760mmHg	380mmHg				
竹下	白	1.374	48.0	44.8	3.2	22.0	1.40	19/VII
	白	0.670	28.2	25.0	3.2	〃	1.40	
	白	1.950	17.1	14.4	2.7	〃	1.33	
	赤		16.8	15.3	1.5	〃	1.17	
	黄		8.8	7.5	1.3	〃	1.15	
	緑		20.5	19.4	0.9	〃	1.11	
	青		19.0	19.0	0.0	〃	1.00	
白	平均					1.38		

半気圧に於て限界頻度の減少は白が最大で以下上記の順であり、青のみは不変である。

2) 暗順応し照明視野ある場合

実験条件は前項の明順応を暗順応に変へたのみで、実験成績は次の通りである(表4) 傾斜度は同日に計れなかつたので接近した日の白色光の成績から傾斜度を求めてある。

αの大きさは前と同様、白>赤>黄>緑>

1で、青は(-)であつた。

3) 暗順応し照明視野なき場合

此の場合「チラツキ」視野の外は全て暗であつて、色光の傾斜度は近接した日の白色光のそれを用ひた(表5)。αは赤>白>黄>緑>1で青は1なることも(-)なることもある。

表6は「チラツキ」光の周期を一定にして

表 4. 暗順応し照明視野ある場合

被検者	色	網膜照度の対数	限界頻度(回/秒)		頻度の差(Δy)	傾斜度(b)	照度倍数(α)	日附
			760mmHg	380mmHg				
津田	赤	1.950	12.5	11.7	0.8	15.8	1.12	26/VII
	白		12.5	11.0	1.5	〃	1.27	
	緑	0.670	17.0	16.5	0.5	〃	1.08	28/VII
	白		24.5	20.2	4.3	〃	1.86	
	青	1.374	12.8	13.6	-0.8	〃	-1.12	29/VII
	白		34.6	30.1	4.5	〃	1.93	
	青	1.347	12.8	13.6	-0.8	〃	-1.12	30/VII
	白		34.4	30.2	4.2	〃	1.84	
	白	平均(26/VII~30/VII)					1.72	
	田	白	1.018	40.3	38.4	1.9	10.4	1.52
白		0.304	32.0	29.8	2.2	〃	1.63	
白		1.377	49.0	46.0	3.0	〃	1.93	7/IX
緑			30.2	29.4	0.8	〃	1.19	
白		2.000	26.4	24.5	1.9	〃	1.52	9/IX
黄			22.1	21.2	0.9	〃	1.22	
白	平均(6/IX~9/IX)					1.64		
白	平均(全部)					1.68		

表 5. 暗順応し照明視野なき場合

被検者	色	網膜照度の対数	限界頻度 (回/秒)		頻度の差 ( $\Delta y$ )	傾斜度 (b)	照度倍数 ( $\alpha$ )	日附	
			760 mmHg	380 mmHg					
竹下	白	1.374	44.2	42.4	1.8	29.9	1.15	7/X	
	白	1.018	35.2	32.0	3.2	29.9	1.28		
	白	1.374	48.0	44.2	3.8	18.6	1.60	12/X	
	白	1.018	37.4	36.2	1.2	//	1.16		
	白	0.304	27.4	26.2	1.2	//	1.16		
						白平均	1.23		
		赤		27.4	25.0	2.4	18.6	1.34	14/X
		黄		23.0	22.0	1.0	//	1.13	
		緑		30.2	29.4	0.8	//	1.10	
		青		30.2	30.2	0.0	//	1.00	
津田	白	1.374	40.0	38.4	1.6	18.7	1.22	23/X	
	白	1.018	34.2	32.0	2.2	//	1.31		
	白	0.304	26.2	25.0	1.2	//	1.16		
						白平均	1.23		
		赤		28.4	25.7	2.7	18.7	1.39	31/X
		黄		21.2	20.2	1.0	//	1.13	
		緑		27.4	26.2	1.2	//	1.16	
		青		22.1	23.1	-1.0	//	-1.13	

表 6. 暗順応し照明視野なき場合

被検者	色	限界頻度 (回/秒)	網膜照度の対数		差 ( $\Delta x$ )	照度倍数 (Antilog $\Delta x$ )	日附
			760 mmHg	380 mmHg			
津田	白	30	0.880	0.938	0.058	1.14	24/X
		40	1.079	1.183	0.104	1.27	
		50	1.303	1.390	0.087	1.22	
						平均	

表 7. 種々な場合に於ける半気圧時の  $\alpha$ 

場合	順応	照明視野	赤	黄	緑	青	白	被検者	日誌
I	明	+	1.17	1.15	1.11	1.00	1.38	竹下	19/V
II	暗	+	1.12		1.08	-1.12	1.72	津田	26-30/V
	暗	+		1.22	1.19		1.64	津田	6-9/V
III	暗	-	1.39	1.13	1.16	-1.13	1.23	津田	23-31/X
	暗	-	1.34	1.13	1.10	1.00	1.23	竹下	7-14/X

おいてちらつかなくなる光度を求めた。表5の白の  $\alpha$  は1.23, 表6のそれは1.21であるから、何れの方法でも照度倍数は同じと見てよい。

以上の実験を通覧するに、白色光の照度倍数は表7の通りであつて、

- I) 暗順応 照明視野ある場合
- II) 明順応 照明視野ある場合

Ⅲ) 暗順応 照明視野なき場合  
の3つの場合の中で I > Ⅱ > Ⅲ の順に  $\alpha$  が大である。

#### 第4章 考 按

網膜照度の対数と限界融合頻度との間にはある範囲内で直線的関係がある (1, 4)

著者は赤, 黄, 緑, 青の各波長光について暗順応後, 視角  $2^\circ$  の「チラツキ」視野を直径 2.8mm の人工瞳孔を通して観察し, 限界融合頻度を検した所,  $x-y$  曲線の傾斜度は何れの波長光に於ても同一と看做してよい。これは Ives の説 (5) に反し Hecht 等 (6) の成績に一致する。低圧に於て  $x-y$  曲線は変化するが, その現はし方に就いては既に記述した通りで照度倍数 ( $\alpha$ ) を以てした。

実験条件を種々に変へても,  $\alpha$  の大きさは常に 赤 > 黄  $\geq$  緑 > 青 であつた。此の中で青は  $\alpha = 1$  即ち変化なきか, 或は  $\alpha < -1$  即ち一定網膜照度に対する限界融合頻度の増加を認めた。赤の  $\alpha$  は実験条件によつて大いに異なる。

- I) 明順応し照明視野 ( $10^\circ$ ) ある場合 1.17
- Ⅱ) 暗順応し照明視野ある場合 1.12 で, その価は近いが,
- Ⅲ) 暗順応し照明視野なき場合には 1.34, 1.39 となり増している。

黄緑では各場合について大した差異は見出し得ない。白色光では照明視野ある場合に暗順応時の  $\alpha$  は明順応時のそれより遙かに大きく, 即ち明順応は暗順応よりも低圧の影響を受けることが少ない結果になつている。I, Ⅱ何れの場合でも白色光の  $\alpha$  は単色光の  $\alpha$  より大である。若し白の感覚が各原色の総和によつて起るものならば, 白の  $\alpha$  は各原色の  $\alpha$  の平均であつてよい。所が I, Ⅱの場合では白の  $\alpha$  は他の何れの波長光の  $\alpha$  より著しく大である。従つて白の感覚は単なる各原色の総和でなく, そこに複雑なる反応の存在することを暗示している。Ⅲの場合赤の  $\alpha$  は I, Ⅱ, より大である代りに, 白の  $\alpha$  は I, Ⅱ, より

小である (表 7)。

同じく暗順応であつても網膜の黄斑から離れた周囲が照らされているか否かによつて白及び赤に対する低圧の影響が全く変つてくる。これによつて照明視野の有無は色の感覚 (殊に赤白) の基底をなす化学反応をも変化せしめるものと想像されるに至つた。

尙ほ Ⅲ例は先に下司等 (2) が視力に就いて検したと同じ条件であるが,  $\alpha$  の変化の傾向 (赤 > 白 > 黄 > 緑 > Ⅰ 青 = 1 又は < -1) は全く同一である。

以上の如く限界融合頻度を以て眼機能を検査すると, 半気圧に於て, 赤, 黄, 緑, 白では機能低下し, 青では変化なきか, 或は却つて機能増加せるを認めた。それ等の変化の程度は実験条件により異なるが変化 ( $\alpha$  を以て現はす) の最大を挙げると赤 1.39, 黄 1.22, 緑 1.19, 青 1.13, 白 1.72 であり, その逆数をとつて光覚の感度と見做せば, 平圧の感度に対し半気圧では赤 72.0%, 黄 82.0%, 緑 84.0%, 青 11.3%, 白 58.2% となる。即ち半気圧の下に於て眼機能は (青を除く) 上記 % の透過率を有する「灰色ガラス」を眼前に置いたと同様な機能低下を示している。以上述べた眼機能とは主に網膜と神経を含む光覚器の機能を指している。

#### 第5章 結 論

1) 網膜照度の対数と限界融合頻度との間には直線的関係があり, 各波長光による差異は認められない。

2) 同一網膜照度に於て半気圧になると一般に限界融合頻度は減じ, その程度は赤 > 黄 > 緑であるが, 青のみは変化なきか, 或は却つて融合頻度の増加を認める。

3) 即ち限界融合頻度によつて眼機能を検査すると, 低圧に於て赤, 黄, 緑光では機能低下し, 青光では変化なきか寧ろ増強せるを認めた。

- 4) I) 明順応 照明視野ある場合
- Ⅱ) 暗順応 照明視野ある場合
- Ⅲ) 暗順応 照明視野なき場合

以上3つの場合について検査した所、白の $\alpha$ は $\text{I} > \text{I} > \text{I}$ で、明順応は暗順応よりも低圧の影響を受けない。所が赤の $\alpha$ は $\text{I} > \text{I} > \text{I}$ で、明順応に於て低圧の影響を被ること僅かながら大である。照明視野の有無も時に赤、白の $\alpha$ に関係があり、従つて色覚に与

へる化学反応は上に述べた条件によつて大いに影響され、白の感覚は各単色光の単なる総和でないことを想像せしめる。

### 主 要 文 献

- 1) 下司, 竹下, 津田: 航空医学, I, 32, (1943).
- 2) 下司, 松本, 河野, 松浦, 西田: 岡山医学会雑誌, 55, 421, (1943).
- 3) Hecht S. S. Schlaer and C. V. Verrijp: J. Gen. Physiol 17, 251, (1934).
- 4) Porter: J. P. C. Southall Introduction to Physiological Optics 373, (1937) カラー引用.
- 5) Ives: Ibid 374, (1937) カラー引用.
- 6) Hecht. S.: Ibid 287, 375, (1937) カラー引用.

## 交感神経の作用機序に関する研究

### 第 一 編

#### 蛙心筋に対する Adrenaline の作用

岡山大学医学部生理学教室 (主任 林 香苗教授)

中 根 喬

[昭和 27年 4 月 15 日受稿]

### I 序 論

Loewi<sup>1)</sup> 及び Cannon<sup>2)</sup> 等によつて確かめられた交感神経の化学伝達学説の立場から考えると、交感神経が興奮すれば、その末端に恐らくは Adrenaline が出来て、之が組織に作用する事によつて交感神経の作用が現われるものと思われる。然るにこの交感神経乃至は Adrenaline が滑平筋に作用するに当つて、臓器の種類異なるに従つて、或物には促進的、収縮的に、(例えば、血管、家兎及び妊娠猫の子宮等)、或物には抑制的、弛緩的に、(例えば、消化管、気管枝、海猿及び非妊娠猫の子宮等) 作用するのは誠に不思議に思われる。

他方、Adrenaline は同一臓器の滑平筋或は心筋に対しても、或条件の下では通常的作用と全く反対の作用を現わす事があると古くから沢山の人々によつて言われている<sup>3)4)</sup>。そこで、この所謂 'Adrenaline の逆作用の起る原因を確かめる事が出来るならば、Adrenaline 延いては交感神経がその作用する臓器の種類によつて滑平筋に対する作用を異にする機序が明らかになるのではなからうかと思ひ、実験を始めた。本編では蛙心に関する実験を記載する。

### II. Adrenaline の濃度による作用の變化に就いて

Adrenaline は一般に種々の動物の心筋に対