

# 疲労度測定に用いられる諸眼科的検査 法の吟味並びに比較研究

金沢大学部学部公衆衛生学教室(主任 石崎有信教授)

渡 辺 敦 子

(昭和34年11月20日受付)

各種産業工場における労働衛生管理の完備は労働者の健康を保持する意味で基本的な人権問題と密接な関係を持つものであり、一方生産能率の向上を計る上にも欠くことのできないものであることはいうまでもないが、労働衛生管理が取り扱う業務の中でも、疲労の過労移行防止乃至疲労回復の問題は、極めて重要な位置を占めている<sup>2)</sup>。従つて疲労の実態を究明しようとするさまざまな努力が払われていると同時に疲労の度をより正確に、より簡単に測定できる方法が考案検討されてきている<sup>3)4)5)</sup>。殊に後者の簡単であることは費用がかさばらないとか、手軽に実施できる意味あいを含んでいる。というのはある事業場で労働者の疲労を測定しようという希望があるとき、その事業場に働くものの疲労実態を把握するには1回限りの調査では余り意味がない。何回かの繰返しは調査成績をより実態に近づけるであろう。また多くの事業体の場合、職種が多岐にわたっているのが普通である。これらのことから短時間に多くの被調査者をより簡単な操作法で調査できることが肝要な条件であつて、その意味では成績の精密さの要求を遙かに上廻る場合が甚だ多い。もちろんより精密であることが望ましいのではあるがそれは比較の問題である。

眼覚器における疲労は全身疲労の一部分にすぎないが、全身疲労の一徴候として視器の疲労をもたらす場合の多いことはよく知られているところである<sup>6)</sup>。視器の疲労判定から逆に全身疲労を推察することが実際よく行われている。また作業精度の点からは視器の疲労が特に重要な意味をもつ場合が多い。

今日まで疲労測定法としてあげられているものは数十種をこえているが、眼科領域に関係深いものは20種類ある。これらはそれぞれ長所及び短所をもつてい

る。他のものより一層精密な疲労判定を下しうる器械は多くは操作法が複雑であつたり、被検者、検者共にその器械になれている必要があつたり時には高価である場合が多い。一方安価で手軽に持ち運びできて操作が割に簡単な器械は精密度と安定度にかけていることが多い。更には測定に長時間を要するといった具合である。

個々の、或いは2、3の測定法を使用して視覚に関係のある疲労を研究した実験成績は数多く発表されているが、多数の測定法を組織立つた方法で比較検討した業績は殆んど見当らないようである。

そこで私は、眼科領域に関係の深い11種類の疲労測定法を選び出し、相互に比較し合つて、労働衛生管理の立場から使用しやすいものであると同時により精密なより安定した測定法を見出そうという目的でこの実験を計画した。

## 実験方法

1) 被検者 某病院附属看護学院の女生徒で次の選考基準に適合する27名の中から、乱数表を用いて10名を無作意に抽出した。

イ) 年齢差は2、3年以内とし、満18歳から21歳までに一応限定した。

ロ) 内外眼部に病変を認めないもの。

ハ) 石原式万国試視力表の1.2の視標を昼光で判読しうるもの。

ニ) 色神正常、輻輳正で屈折異常の認められないもの。

ホ) 瞳孔正円、反応鋭敏、左右同大であること。

2) 被検者達の作業状況 被検者10名の中8名は1学年生、2名は2学年生であり前者においては学課の

A Critical and Comparative Study on the Various Ophthalmic Examination Used for the Measurement of the Degree of Fatigue. **Atsuko Watanabe**, Department of Public Health (Director : Prof. A. Ishizaki), School of Medicine, University of Kanazawa.

授業が主で、その間に実習（外来及び病棟へ出る）2時間程あり、後者においては実習時間が少しく前者より多い。2年生はその他に普通の看護婦並の夜勤や早出（午前6時病棟で配膳準備、その他）が病棟実習の中に含まれることもある。しかし学課の授業は1日に少ない日は3時間、大抵は4時間から5時間となつてゐる。要するにこれら学院生徒はいずれも視器を極度に使用する精密作業はやつておらず、疲労の性質が工場労働におけるものとは異なり、一般学校生活におけるものと殆んど同様とみなしてよいと思う。

### 3) 疲労測定法の種類と測定条件

#### I 閃光融合閾値測定法（フリッカー）

所要時間約30分。柴田製作所製品。被検者には予め数回練習させて要領を覚えさせた後実施。本測定は繰返しを5回、初めの2回の値は捨て残り3回の平均値を被検者のフリッカー値とした。検眼順序は常に右眼から左眼。

#### II 電気閃光法

本川式電気閃光器。（東亜電波工業製品）所要時間約7分。暗室内で被検者を所定の位置に坐らせ、1分間黙想させた後、5米前方の一視標をみつめさせて眼に“チラツキ”を感じるとき（ $S_1$ ）、及び“チラツキ”が消失したとき（ $S_2$ ）、手にしたボタンを押させる。

$$S_1 - S_2 = \Delta S,$$

測定は5回の繰返しを行い、Iと同じ方法で平均値をもとめた。

#### III 光覚

ナーゲル氏暗順応計を使用。暗順応の経過の測定は1時間。明順応照度約5000 Lux、明順応時間15分。初めに明順応15分を行った後直ちに暗室に入れる。

#### IV 目測

空間弁別検査器（精密目測計）山越製作所製品。所要時間約1分。測定に要する時間を被検査に寛大にすると、目測計の測定値が零になる可能性が多いので、ストップウォッチを使用して10秒以内に目測を行わしめるように制限した。2回繰返しを行い、その平均値をとつた。

#### V 視野（周辺視野）

所要時間は両眼で約25分。小川氏球面視野計。視標は白、青、赤、及び緑の4色とし大きさは1 1/2 徑径を使用した。最初右眼を2、3分休んで左眼を測定。視野計上の照度は150 Lux 前後に一定させた。測定値は視標を中心部より周辺部に移動して見えなくなつたときの値と周辺部より中心部に向かつて移動して見え始めたときの値との平均値をとつた。

#### VI 視力

所要時間約3分。中泉氏試視力表照明装置。視標はランドルト氏環、距離は5米、右眼より左眼の順に測定を行つた。

#### VII 瞳孔径

所要時間約5分。三田氏瞳孔径測定器。暗室において被検者を所定の場所に坐らせ、3分間暗順応状態におき身心をおちつかせた後5米前方におかれた一視標をあごを固定台上に固定させた状態で視標をみつめさせ、瞳孔径測定を右眼のみに行つた。このときの右眼側方に光源をおき瞳孔中心からの距離20cm のところで照度が300 Lux になるようにした。

VIII 瞬目数（読書時、停止可能時間、一点をみつめるとき、及び5米前方を安静な態度で見させたときの5分間の瞬目数）

所要時間合計約10分。読書時、及び3米離れている一点を見つめさせているときの測定時間はそれぞれ正確に1分間とした。停止可能時間は2回繰返してその平均を測定値とした。これら4種の測定は被検者の斜め側前方約1米の距離に位置して測定した。瞬目数の測定は紙に鉛筆で点をうち終了後その数を合計した。

#### IX 輻輳近点

所要時間5分足らず。石原氏近点計。暗室内で一定の照度下（視標面における照度200 Lux 前後）で視標として近距離試視力表の1.0のものをを用い常法に従い測定した。

#### X 調節近点

所要時間10分余り。石原氏近点計。一定の照度下（視標面における照度200 Lux 前後）で視標として近距離試視力表の1.0のものをを用いて、近点を反覆測定した。先ず右眼に行い5分間休憩後左眼を測定した。

#### XI 眼位

所要時間10分余り。5米、1米及び30 1/2 種の3種類の距離について行つた。maddox ガラス桿及び角度目盛を施した正切スカラにより1m 及び5m の距離におけるものを測定し、30cm の場合は暗室で石原氏潜伏斜視計で測定した。

#### 4) 測定時刻

午前7時から8時30分までの授業、朝食前の時間と午後4時30分から5時30分までの授業後、夕食前の時間の計2回を同一被検者について同一測定法を実施した。

#### 5) 実験期間

昭和31年9月24日より同年12月14日までの約80日間、

#### 6) 実験計画表の作製

この実験の目的は既にはしがきのところで述べたよ

うに、各種の疲労測定法の優劣を検定するにある。このためには選び出された11種類の測定法のすべての組合せを作つて10名の被検者達について測定値を求めるにこしたことはないが、そうすると組合せだけでも55組となる。更に繰返しも最少2回は望ましいとすれば、測定時間に制限をうけていることと、季節の影響をできるだけさける意味で余り長い月日を要しないことを考え合せると、組合せの数が自ら制限されてくるのは当然のことである。そこで第1表のような11組の組合せ表を作製した。

第1表 測定法の組合せ

	二重の測定法の組合せ	記号	凡その測定所要時間(分)
I	視力 (I-VIII)	A	13
II	視野 (II-VI)	B	32
III	瞬目 (III-X)	C	15
IV	目測 (VIII-V)	D	40
V	フリッカー (V-II)	E	55
VI	電気閃光法 (VI-IX)	F	12
VII	瞳孔径 (VII-III)	G	15
VIII	眼位 (IV-VII)	H	76
IX	調節近点 (XI-IV)	I	11
X	輻輳近点 (X-VI)	J	10
XI	暗調応 (XI-I)	K	78

勿論、この組合せは極めて不充分であるが、少なくとも同一測定法はいずれも2回宛の繰返し実験をうけることになり、またそれぞれの組合せから各測定法の優劣を關聯性をもつて判定できる。

この組合せの実験実施順序は乱数表を用いて無作意化を行い、J, I, A, K, F, C, E, H, D, G, B, の順序とした。

各被検者達が測定をうける順位も各組合せも無作意に決定した。

#### 7) 優劣判定の基準

職場において実施可能であり、且つある程度の実用性もあるという意味で選んだ11種の疲労測定法のうちどれが疲労度の測定法として優れているかを見ようとしたのが本実験の目的であることは、はしがきの項で既に述べた。この意図のもとに11種の方法から2種あてを組合せて優劣をきめようとして計画したわけであるが、優劣をきめるに当つてこの判定のおおよその基準をきめておく必要が生ずる。もちろんこの基準のきめ方については議論の余地があるであろうが次のような事項を一応の基準として採用した。

a) 測定法が疲労度を鋭敏に現わすこと。もちろん

これは疲労の測定法としては第一に要請される条件である。元来いずれの疲労測定法も疲労以外の要素に基づく変動が大きくて、その測定値の動きが疲労度の大小で説明できにくい点が難点とされているようである。しかし誤差変動というべきものが大きくてもそれ以上に疲労による変動が大きければ充分実用的な価値はあるといえる。本実験では午前就業前の測定値と午後就業後の測定値の差を疲労を現わす量とみなすことにして各測定法について2回の実験を別々に午前と午後の2つの測定値を個人別にならべて分散分析を行つてみた。この分析において午前と午後の差即ち作業前後と名づけた因子による変動の有意性の強い測定法は疲労度によく反応すると考えて優れたものと判定した。

2つの測定法の優劣をみるのに、その2つを同一の日に実験したときの成績に重点をおいて比較した。実験条件の均一性が保たれ易いからである。他の測定法と組合せて実験されたときの成績はもちろん参考として考慮に入れた。

この考慮を正確なものにするために、第1回の測定における個人別の午前と午後の差(午前<sub>1</sub>~午後<sub>1</sub>)と第2回測定ときの差(午前<sub>2</sub>~午後<sub>2</sub>)とを比較して分散分析を行つた。この2つの差の間に有意な喰違いがなければ、作業前後の変動の現われ方に2回の測定間に差異がなかつたといえる。

b) 測定値が安定であること

測定誤差が小さく、疲労以外の原因でなるべく変動しない安定な測度をあたえる測定法が望ましい。この点を吟味するために2回繰返してある測定の前日の値同志を比較した分散分析を行つてみた。その分析に個人差が有意に出るが測定日の差が認められないとなれば安定した測定法であるといえる。

c) 測定法がどのような場所でも比較的容易に実施できること

このことの意義は前にも繰返し強調してきたところであつて、産業疲労の測定には欠くことのできない条件である。できるだけ多くの被検者を、特別の設備を必要としない場所でしかも測定所要時間が長時間にわたらないことは不可欠の事柄なのである。

d) 測定に必要な設備が余り高価でないこと。疲労の問題がすでに社会的に重要で早急に解決されねばならなくなつた今日ではあまり問題でないかもしれない。といつても高価なものは実際問題としてその測定法の普及を遅らせる一要因となるものであるから、矢張り一応は優劣判定基準の一項目に加えられるべきであろう。

e) その他測定装置が運搬に便利であること。測定に多人数の調査者を要しないことなども基準になりうるであろうが本実験では主に a) から c) までの基準を主とし他は参考程度にとどめた。

### 実験成績と優劣検定

実験成績は任意抽出法で決定された順序に従った組合せ順で記載したが、同一測定法はそれぞれ 2 回施行されているのでその 2 回の成績をまとめて製表した。そのためあとの方に記載された組合せでは一方の測定法による成績は前出している場合が多くなる。このときは成績を再記することを省略した。2 回分を同一の表にまとめたのは実験日の相違による当該方法の安定度を検定する上に好都合であつたからである。

i) J 組 輻輳近点：瞳孔径

(イ) 輻輳近点

輻輳近点の計 2 回の成績は第 2 表の通りである。

各回各時の算術平均は  $AM_1=9.45$ ,  $PM_1=10.61$ ,

$AM_2=8.76$ ,  $PM_2=9.78$  で 2 回共 PM に後退が認められる。

各個人ごとの後退の度合で整理してみると第 3 表のようになる。

変化の認められなかつたものは 20 名中 3 名で 15%, 0.5cm 以上の明らかな後退をみたものは 12 名で 60% を占めている。

(ロ) 瞳孔径

瞳孔径の計 2 回の測定値は第 4 表の通りである。

午前の瞳孔径の平均は第 1 回は 3.75, 第 2 回は 3.6 であり、午後は第 1 回目は 4, 第 2 回目は 3.4 で第 1 回と第 2 回とでは平均の増減は逆になつている。

第 1 回と第 2 回とでは前にも述べたように午前と午後との差の増減が逆になつているが、これらはその測定日の被検者の負荷された疲労の度合が等質でないことから、時には午前の方が午後より測定時よりも疲労している場合もありうる。ともかく拡大にしる、縮小にしる変化のあつた被検者数をまとめると第 1 回では瞳孔

第 2 表 輻輳近点測定値 (単位 cm)

	HS	MS	HM	TM	MJ	JS	HA	HI	LK	YM	算術平均
A M <sub>1</sub>	9	11	8	10.5	9	8	8	9.5	13.5	8	9.45
P M <sub>1</sub>	10	11	11.3	12.3	10.5	9.5	9.5	10	13.5	8.5	10.61
A M <sub>2</sub>	8.5	8.3	10.3	10	9	8	8	8.5	8	9	8.76
P M <sub>2</sub>	9	9.3	10.7	11.5	12	9	8.3	8.5	9.5	10	9.78

註 AM<sub>1</sub> PM<sub>1</sub> は第 1 回の午前と午後を測定の表わす記号  
AM<sub>2</sub> PM<sub>2</sub> は第 2 回の午前と午後を測定の表わす記号  
以後の同記号は同じ意味を現わす。

第 3 表 輻輳近点の後退

	変化なし	後 退 (cm)				計
		0~0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5 以上	
第 1 回 測定	2	2	1	3	2	10
第 2 回 測定	1	3	3	2	1	10

第 4 表 瞳孔径測定値 (単位 mm)

	HS	MS	HM	TM	MJ	JS	HA	HI	IK	YM	算術平均
A M <sub>1</sub>	4	3	4.5	3.5	3.5	4	3.5	3	5	3.5	3.75
P M <sub>1</sub>	4	3.5	5	4	4	4.5	3.5	3.5	4.5	3.5	4
A M <sub>2</sub>	3.5	2	4.5	3.5	4	5	3.5	2.5	4	3.5	3.6
P M <sub>2</sub>	4	2.5	4.5	3.5	3.5	4	3.5	2.5	3.5	3	3.4

第5表 瞳孔径変化度

	変化 なし	拡大 (cm)	縮小 (cm)		計
		0~0.5	0~0.5	0.5~1	
第1回	3	6	1	0	10
第2回	4	2	3	1	10

径に変化の認められたもの70%，第2回では60%という結果になる。

(ハ) 優劣判定

輻輳近点と瞳孔径の疲労測定法としての優劣をみるためにこの2つの測定法を同一日に行つた場合について、各々の就業前と就業後の測定値を比較して行つた分散分析の結果は第6表の通りである。

第6表 午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の測定値の分散分析

(a) 輻輳近点

	S S	D F	M S	F
全分散	5536.2	19		
個人間	4827.2	9	536.35	19.4 **
就業前後	460.8	1	460.8	16.6 **
誤差項	248.2	9	27.57	

(b) 瞳孔径

	s s	d i	m s	F
全分散	32.55	19		
個人間	27.05	9	3.01	9.88 **
就業前後	2.45	1	2.45	7.2 *
誤差項	3.05	9	0.34	

この表から次のような推論ができる。

(a) 輻輳近点の個人間の要因は1%点より大きく明らかに有意である。即ち個人差の大きい測定度であると認められる。一方就業前後の要因も1%点より大きく明らかに有意である。これは殆んど全部の被検者が作業後の値が後退していることから当然予想されることである。従つて個人差も大きいのが午前と午後の差に明らかな有意性が認められることはこの測定法が疲労度に鋭敏に必ずものと考えてよいわけである。

(b) 瞳孔径では個人間の要因は明らかに有意である。一方測定時の要因を検討すると1%の点よりは小さいが5%点よりは大きく有意の差が認められる。作業前後の因子の有意性は(a)より小さいわけである。

念のため他の測定法と組合せて実施した日の午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の測定値について分散分析してみると第7表の如く輻輳近点の個人間の有意性は第6表におけるも

のよりも小であるが、やはり有意であり作業前後間には明らかに有意な差が認められる。

瞳孔径の場合は個人間の差については第6表のときとほぼ同じであるが、作業前後間には今度は有意な差は認められなかつた。

第7表 午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の測定値の分散分析

(a) 輻輳近点

	s s	d f	m s	F
全分散	2544.2	19		
個人間	1694.2	9	188.24	5.12 **
就業前後	519.6	1	519.4	14.15 **
誤差項	330.6	9	36.71	

(b) 瞳孔径

	s s	d f	m s	F
全分散	42.95	19		
個人間	38.45	9	4.16	9.2 **
就業前後	0.45	1	0.45	1
誤差項	4.05	9	0.45	

第8表 午前<sub>1</sub>~午後<sub>1</sub>との差  
午前<sub>2</sub>~午後<sub>2</sub>との差の分散分析

(a) 輻輳近点

	s s	d f	m s	F
全分散	1561.8	19		
個人間	739.8	9	82.2	1.03
測定日	9.8	1	9.8	0.12
誤差項	712.2	9	79.1	

(b) 瞳孔径

	s s	d f	m s	F
全分散	430	19		
個人間	155	9	17.2	1.03
測定日	125	1	125	7.5
誤差項	150	9	16.6	

第8表の分散分析表は午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>との差と午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>との差について分散分析を行つたものであるが同表によれば

(a) 輻輳近点では個人間の要因が F=1.03 測定日の要因は F=0.12 で共に有意性が認められない。

(b) 瞳孔径では個人間の要因が F=1.03 で有意でないが、測定日の要因は F=7.5 で1%点より小さく5%点より大きくて有意の差が認められ、この方は

測定日の条件如何によつて作業前後の差に変動が起るものらしいことを示しているといえよう。

第9表 午前<sub>1</sub>と午前<sub>2</sub>の測定値の分散分析

(a) 輻轉近点

	分散和 (s s)	自由度 (d f)	推定量 (m s)	F
全分散	4095	19		
個人間	1728	9	192	1.84
測定日	312	1	312	1.36
誤差項	2054	9	228	

(b) 瞳孔径

	s s	d f	m s	F
全分散	43	19		
個人間	35	9	3.9	4.9 *
測定日	0.5	1	0.5	0.6
誤差項	7.1	9	0.8	

第9表は午前<sub>1</sub>の値と午前<sub>2</sub>と2回の就業前の値を比較して分散分析を行ったものである。

(a) 輻轉近点では個人間の要因においても測定日の要因も有意の差は認められない。

(b) 瞳孔径では個人間の要因は  $F=4.9$  で有意である。測定日の要因は  $F=0.6$  で有意でない。

(二) 小 括

1) 輻轉近点

本測定法は就業前後の差が明らかに有意に出たことからみると疲労度に相当敏感に反応するようである。

しかも所要時間も僅少ですむので有意な疲労測定法といえる。しかし第6表及び第7表では個人差が有意でありながら第9表では個人差が明らかにならなかつた点は説明が困難である。今回の実験では暗室を使つて視標面における照度が天候の晴雨によつて変化しないようにしたがこの測定法のためには暗室は必要条件ではない。

2) 瞳孔径

個人によつて一定の値をあたえる傾向が強くそれにくらべて作業疲労による動きは小さい。作業前後の差が測定日によつて有意な差を示したことは作業疲労の程度を敏感に現わすものかとも考えられるが、それよりも照度を主とした環境要素に比較的強く支配される測定法のように考えられる。所要時間は輻轉近点と同様僅少であるが暗室は必要条件である。その上に測定値が極めて小さい値であるために、詳細な変化の比較ができにくい欠点がある。

以上の点からJ組における両測定法の勝負は輻轉近点の方が勝つている。

ii) I組 調節近点：目測

(イ) 調節近点

調節近点の計2回の成績は第10表の通りである。

各回各自の算術平均は右眼と左眼の間に大した差はみられず、個人別にも左右同じ値を示すことが多く結局検査にはいずれか片眼のみでよいと考えられるが、なかにはかなり左右の差を示すものもある。測定値では第1回目は午後には近点が前進しており、第2回目にはその逆になつている。

第10表 調節近点測定値 (単位 cm)

	午前 <sub>1</sub>		午前 <sub>2</sub>		午後 <sub>1</sub>		午後 <sub>2</sub>	
	右眼	左眼	右眼	左眼	右眼	左眼	右眼	左眼
M J	10	10	9.5	11.5	11	9.5	10.5	12.5
H M	11	11	11.5	11	11.5	11	12.3	12
T M	16.5	16	13.5	12	13	15	12.3	12
J S	9	9	11	10.0	10.5	9.5	12.3	11.3
L K	12	13	10.5	10.0	10.5	12	10	10
H I	9.5	10	10.5	10.0	10	10	9	10
M S	12.5	13	9	11.3	11	11.3	10.5	10.7
H S	10	9.3	9	9	9.5	9.5	9	10
H A	8	9	9	9	9	9.5	9	10
Y M	10	11	10	10	10.5	10	10.5	10.5
算術平均	10.9	11	10.3	10.3	10.7	10.7	10.5	10.9

これらの測定値を前進、後退の度合で整理してみると第11表のようになる。

表から明らかに後退をみたものは20名中6名で30%、明らかに両眼とも前進をみたもの15%で3名、1眼のみ後退をみたもの6名で30%、1眼のみ前進をみ

たもの2名で10%1眼前進、1眼後退をみたもの3名で15%であつて、全体として後退を示すものが前進を示すものよりは多い。

(ロ) 目 測

目測の計2回の測定値は第12表の通りである。

第11表 調節近点の前後度合で分類された被検者配分表 (単位名)

	両眼後退 (cm)				1眼変化なく1眼後退			両眼前進			1眼変化なく1眼前進		1眼前進1眼後退		計名
	0~0.5		1.0~0.5		0~0.5	0.5~1	1~1.5	1~1.5	1.5~2	1~3.5	0~0.5	1~1.5	0~0.5	0.5~1.5	
	0.5	1.0	1.5	1.5	0.5	~1	1.5	1.5	~2	3.5	0.5	1.5	0.5	~1.5	
第1回測定		1		1	3			1	1	1			1	1	10
第2回測定	1	2	1			2	1				1	1		1	10

第12表 目 測 測 定 値

	M J	H M	T M	J S	I K	H I	M S	H S	H A	Y M	算 術 均
A M <sub>1</sub>	0	0.065	0	0.01	0	0	0	0	0.25	0.25	0.05
P M <sub>1</sub>	0.51	0	0	0.01	0	0	0.05	0.01	0	0.5	0.11
A M <sub>2</sub>	0.02	0.5	0	0	0	0.01	0	0.025	0	0.01	0.05
P M <sub>2</sub>	0	0	0	0	0.025	0.02	0.055	0	0.025	0.01	0.13

第13表 左右眼の午前1と午後1の分散分析

(a) 調接近点

	s s	d f	m s	F	
全 分 散	13761.1	39			
個 人 間	11955.1	9	1328.3	54.9 **	
前 後	62.5	1	62.5	2.58	△ 1.85
左 右	16.9	1	16.9	0.69	
個人×前後	1064.5	9	118.3	*	*
個人×左右	422.0	9	46.9		
左右×前後	2.5	1	2.5		
誤 差 項	217.6	9	24.2		
		↓	↓		
		19	33.7		

△ Pool した誤差項で計算したF値

(b) 目 測

	s s	d f	m s	F
全 分 散	20207	19		
個 人 間	12368	9	1374	1.7
作 業 前 後	509	1	509	0.6
誤 差 項	7329	9	814	

第14表 午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の測定値の分散分析  
(a) 調接近点

	s s	d f	m s	F	
全分散	5471.8	39			
個人間	3852.5	9	428.0	15.5 **	
前後	126.0	1	4.57	0.16	$\Delta$ 0.08
左右	38.0	1	38.0	1.41	
個人×前後	417.8	9	46.4	1.68	0.84
個人×左右	762.0	9	84.7		
左右×前後	27.3	1	27.3		
誤差項	248.2	9	27.6		
		↓ 19	↓ 54.6		

$\Delta$  Pool した誤差項によるF値

(b) 目 測

	s s	d f	m s	F
全分散	2373	19		
個人間	968	9	108	0.8
作業前後	120	1	120	0.8
誤差項	1284	9	143	

午前の目測の平均値は第1回, 第2回ともに0.05であり, 午後は第1回目は0.11, 第2回目は0.13となり, いずれも午前と比較して午後の平均値が増加している。

(ハ) 優劣判定

同一の日に測定した調節近点と目測について, それぞれの作業前後の値に有意な差があるか否かをみたのが第13表の分散分析表である。

(a) 調節近点の個人間の要因は明らかに有意である。一方作業前後の要因について検討すると有意でないが個人と前後の交互作用が有意であるから従って午前と午後の値の間に動きはかなりあるが, それが個人によつて延長と短縮とまちまちであつて, 平均値としては小さいものになつてしまつたことを示している。要するに疲労に反応して変動する測度のようなが疲労度の標示法としては都合のよいものでないことを示している。

(b) 目測では個人間の要因が  $F=1.7$  であり, 測定時の要因も  $F=0.6$  で共に有意でない。従つて個人間の変動も小さく, 同時に疲労度に鋭敏に応じないともいえる。

測定日の異なる第2回目の成績についても同様の分散分析を行つたのが第14表である。同表によれば調節

第15表 午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の差  
午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の差の分散分析

(a) 調節近点 [右眼]

	s s	d f	m s	F
全分散	1115	19		
個人間	661	9	73	1.7
測定日	54	1	54	1.2
誤差項	399	9	44	

[左眼]

	s s	d f	m s	F
全分散	502	19		
個人間	190	9	21	0.6
測定日	5.0	1	5.0	0.1
誤差項	307	9	34	

(b) 目 測

	s s	d f	m s	F
全分散	23407	19		
個人間	9418	9	1046	0.7
測定日	12	1	12.0	0.007
誤差項	13976	9	1553	



近点については個人間に明らかに有意な差のみられる他は何も有意性がみられなかった。第13表にみられた個人と前後の交互作用項も有意でない。目標についても第13表と同様な結果であった。

第15表は午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の差及び午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の差の分散分析表であるがいずれの因子についても有意な差はみられない。目測について測定日の因子が特に小さいことが目につくがその意義を説明することは困難である。

第16表 午前<sub>1</sub>と午前<sub>2</sub>の測定値の分散分析

(a) 調節近点 [右眼]

	s s	d f	m s	F
全分散	283	19		
個人間	221	9	24.6	3.9 *
測定日	5.0	1	5.0	0.9
誤差項	57	9	6.3	

[左眼]

	s s	d f	m s	F
全分散	5849	19		
個人間	4287	9	476.4	3.1
測定日	211	1	211.3	1.4
誤差項	1350	9	150.0	

(b) 目測

	s s	d f	m s	F
全分散	12623	19		
個人間	6412	9	712.4	1.0
測定日	0.2	1	0.2	0.0002
誤差項	6211	9	690.1	

第16表は測定日をかえたときの動きを検定した分散分析表である。

(a) 調節近点では個人間の要因は右眼  $F=3.9$  で5%点より大きく有意である。左眼は  $F=3.1$  で有意ではないがそれに近いF値を示している。一方測定日の要因は右眼は  $F=0.93$  左眼は  $F=1.4$  でいずれも5%点より小さく有意でない。従つて日をかえて当該測定法を繰返しても繰返しによる測定値の変動は小さく、測定日の違いは測定に影響をあたえる要因とはならず、比較的安定した測定法であると考えられる。一方個人差は明らかに現われる傾向がある。

(b) 目測にあつては個人間の要因は  $F=1.0$  測定日の要因は  $F=0.0002$  で共に5%より小さく有意で

ない。このことよりこの測定法も測定日については比較的安定した測定法といえよう。測定日による変動が異常に小さいのであるが、これは偶然の結果か否かはこの実験だけからは何もいえない。

(二) 小括

1) 調節近点

算術平均値をみると前進にしる後退にしる、午前と午後で変化のないものはなく、このことは疲労状態に鋭敏に反応するものではないかと思わせるものがあつたのであるが、分散分析の結果は第1回における作業前後と個人との交互作用項が有意と出た他はいずれも有意性を認めることができなかつたから、午前と午後の変化には一定の方向を認めることができず、疲労度の判定法として役立つとはいひ難い。一方個人間の差は有意と出ている場合が多い。従つてこの方法は個人差は強いが疲労に対しては鈍感なものではないかと推測される。測定日の因子では有意性がいずれも認められないことから個人ごとに比較的安定した値をあたえる測定法であるといえよう。

2) 目測

本法は操作が極めて簡単便利であり、算術平均値では、午前と午後ではかなりな差を示している。測定日による変動も小さく相当安定した方法である。しかし分散分析の結果はいずれの場合も有意性を示さぬことは本法が実際に疲労度を鋭敏に表示するものとは考えにくい。

3) 以上の点からI組における両法の勝負はいずれが勝るともいえないが、目測の場合本器に対する練習効果が認められることを考えれば、僅かながら調節近点の方が勝れているとも考えられる。

iii) A組 視力：眼位

視力の計2回の成績は第17表の通りである。

各回各眼の算術平均を比較してみると、午前と午後平均値は殆んど差がないか、或いは午後の平均値が僅かながら小さくなる傾向があるようである。これらの視力の測定値を増強及び低下の度合で整理してみると第18表のようになる。

第18表をみると変化を認められなかつたものは20名中7名で35%、両眼視力増強をみたもの1名で5%、両眼のうち1眼のみ視力増強し1眼は変化なきもの6名で30%、1眼変化なく1眼視力低下したもの5名で25%、1眼増強1眼視力減退したもの1名で5%となつており総じて視力の変化なきものが最高をしめ、次に1眼変化なく1眼増強するもの、次に1眼変化なく1眼低下するものとなつており、この場合両眼視力減退するものはみられなかつた。

第17表 視力測定値

	A M <sub>1</sub>		A M <sub>2</sub>		P M <sub>1</sub>		P M <sub>2</sub>	
	左眼	右眼	右眼	左眼	右眼	左眼	右眼	左眼
H S	1.5	1.5	1.0	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2
M J	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
T M	1.2	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.0
M S	1.2	1.2	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.5
H M	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
H A	1.5	1.5	1.5	1.2	1.5	1.2	1.5	1.5
H I	1.5	1.5	1.2	0.9	1.5	1.2	1.5	1.2
I K	1.2	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
J S	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.0	1.5
Y M	2.0	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2.0	1.5
算術平均	1.46	1.42	1.39	1.44	1.47	1.38	1.35	1.39

第18表 視力の増強・減退度合

計		両眼変化なし	両眼増強	1眼変化なく 1眼増強		1眼変化なく 1眼減退			1眼減退 1眼増強
				0~0.3	0~0.2	0~0.3	0~0.5	0~0.2	
第1回	10名	4		1	2		2	1	
第2回	10名	3	1		2	1	1	1	1

第19表 斜位測定値

		内外斜位なし	上下斜位なし	内斜位					外斜位					上斜位	下斜位
				0~0.2	0.2~0.5	0.5~1.5	2~4	0~0.2	0~0.5	0.5~1	1~2	2~3以上			
第1回	午前	5米	2	10		1	1		3	1	1	1		0	0
		1米	6	10			1		3					0	0
		30種	1	10			1			1	2	2	3	0	0
	午後	5米	2	10		2			4	1		1		0	0
		1米	5	10		2	1		2					0	0
		30種	0	6		1				3	2	2	2	2	2
第2回	午前	5米	1	9	2	1	1		3	1			1	1	0
		1米	5	10		2				3				0	0
		30種	1	6	1							3	5	1	2
	午後	5米	0	10	1	1	1		2		4	1		0	0
		1米	5	10	2				1	2				0	0
		30種	0	6	1							4	5	3	1

(ロ) 眼 位

眼位の測定値は第19表に示した通りである。1眼単位で考察することはいささか妥当性をかくきらいはあ

るが、統計の便宜上各個人の両眼の関係を無視して一

眼単位に集計した。第19表から外斜位を呈するものが内斜位を呈するも

第20表 午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の測定値の分散分析

視 力

	s s	d f	m s	F
全 分 散	112.8	39		
個 人	64.0	9	7.1	4.1 *
前 後	0.25	1	0.25	0.14
左 右	4.2	1	4.2	2.44
個人 × 前後	16.05	9	1.77	1.02 : 1.19△
個人 × 左右	12.1	9	1.3	
左右 × 前後	0.65	1	0.65	
誤 差 項	15.55	9	1.72	

△ Pool した誤差項による F 値

第21表 午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の測定値の分散分析

視 力

	s s	d f	m s	F
全 分 散	170.8	39		
個 人	86	9	9.5	4.75 *
前 後	2.0	1	2.0	1.0
左 右	2.0	1	2.0	1.0
個人 × 前後	31.3	9	3.5	1.7 △ 1.3
個人 × 左右	31.3	9	3.5	
左右 × 前後	0.1	1	0.1	
誤 差 項	18.1	9	2.0	

△ Pool した誤差項による F 値

のよりも多いように思われる。また上下斜位を呈するものは第1回目をみても第2回目をみても30cmの距離で僅かに4名あり、しかもそれらもごく軽度のみられる点をもみても殆んど上下斜位を呈するものはないとしてよいようである。また高度の斜位を呈するものは外斜位にみられる。しかし大体において一般的現象でめずらしい事柄ではないといえよう。

(ハ) 優劣判定

眼位の方は数量化して分散分析を行うことが不可能なので、視力のみについて分散分析を行った。

午前と午後の変動を検定したのが第20表と第21表である。

視力の個人間の要因は第1回測定時も、第2回測定時も有意であるが一方測定時の要因についてはいずれも有意でない。従つて個人差はかなりに明白であるが午前と午後之差が認められないということから疲労度を鋭敏に表示しないものといえよう。

第22表は午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の差及び午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の差を左右別にみた分散分析であるがこの表からは特に

有意な変動は見出されなかつた。

午前<sub>1</sub>と午後<sub>2</sub>とをくらべた分散分析ではこの場合も個人差が比較的大きな分散を示していることがわかつた。

眼位については方向が最も問題であり、これを数量

第22表 午前<sub>1</sub>～午後<sub>1</sub>の差の分散分析  
午前<sub>2</sub>～午後<sub>2</sub>の差の分散分析  
視 力

		s s	d f	m s	F
右 眼	全 分 散	104.2	19		
	個人間	26.2	9	2.91	0.33
	測定日	0.8	1	0.9	0.105
	誤 差 項	77.2	9	8.57	

		s s	d f	m s	F
左 眼	全 分 散	62	19		
	個人間	9	9	1	0.18
	測定日	3.2	1	3.2	0.57
	誤 差 項	49.8	9	5.53	

第23表 午前<sub>1</sub>と午前<sub>2</sub>の測定値の分散分析  
視力

		s s	d f	m s	F
右 眼	全分散	83.8	19		
	個人間	45.3	9	5.0	1.3
	測定日	2.5	1	2.5	0.6
	誤差項	36.1	9	4.0	

左 眼	全分散	70.1	19		
	個人間	46.1	9	5.1	2.1
	測定日	2.5	1	2.5	1.0
	誤差項	22.1	9	2.5	

化して分散分析を行うことは困難である。故に単に作業前後における変化を程度を無視して集計してみた。それが20'表である。視力との組合せにおいて行つた第1回の成績をみると不変のものが大部分であるが、斜位の程度についてみると内斜位ではその程度の減退したものが多く増強したものは少ない。外斜位はそれに比して減退したものは少なく増強したものが多い。内斜位から外斜位にうつつたものも2例ある。要するに作業後は外斜位になる傾向が強いものと考えられる。

第2回目のフリッカーと組合せて測定した日の成績についても前述のことがいえるようである。

(二) 小 括

(1) 視力 第17表の測定値をみると、作業前と作業後である程度の差異があるようであるが、増進の方向の動きもあり減退の方向のものもありこれを疲労と結びつけて解釈することは困難である。個人差の方は有意な差が認められ、この点ではある程度安定した測定といえる。午前と午後の差にはどの分析表でも有意性がみられない。

以上のことから要するに疲労による変動は現われにくいものと考えざるを得ない。

(2) 眼位 疲労状態においては外斜位を呈するものが多いのである程度疲労を現わすのに役立つものと思われる。但し数量的な取扱いのできにくいことが難点である。本法は測定時間は短かくてすむがしかし、5m及び1mの距離においては器械のとりつけが容易でない。30cmの距離における測定では器械のとりつけが簡単になるが暗室を必要とする。

(3) 以上の点からA組における両法を比較すると、眼位の方が視力よりも疲労状態に反応する点よりみて眼位の測定の方が勝つていと考えられる。

IV) K組 視力：暗順応

視力の測定成績その他については、A組の組合せのときに記したので省略する。

(イ) 暗順応

暗順応の成績は第24表の通りである。

暗順応の各回各時の算術平均値は第25表の通りである。

算術平均の比較では作業前の値の大きいこともあり作業後の値の大きいこともあつて一定の傾向は認めにくい。

(ロ) 優劣判定

第24表 暗順応測定値  
〔直後〕〔単位、省略感覚値〕

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	6.5	5.2	5.6	8.2
H. M	11.8	10.8	10.8	2.2
T. M	5.6	3.2	5.6	4.5
H. I	14.5	8.7	4.6	3.8
H. S	16.5	4.7	52	8.1
I. K	11.8	10.8	21	4.4
H. A	14.5	4.3	11.1	7.2
M. J	21	5.8	5.2	10.1
J. S	6.5	4.8	3.4	2.6
Y. M	6.5	5	16.5	7.3

第20'表 斜位の増減

		減 退				不 変	増 強				内斜位から 外斜位となる
		内斜位	外斜位	上斜位	下斜位		内斜位	外斜位	上斜位	下斜位	
第 1 回	5米	2	1			7	1	2			
	1米	2	1			6	1	2			
	30種	1	5			1		3	2	2	
第 2 回	5米	3	1			1	2	5			2
	1米	1	2			5	1	1			
	30種	1	1			5	1	2			

[5分間後]

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	103	68	108	115
H. M	117	85	140	135
T. M	164	370	134	137
H. I	448	215	148	153
H. S	290	100	81.2	103
I. K	123	30	130	127
H. A	185	145	127	164
M. J	92.7	81.2	92.7	130
J. S	38	28	21	36
Y. M	130	255	260	255

[10分間後]

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	435	333	495	520
H. M	565	260	435	435
T. M	520	1180	483	456
H. I	685	743	650	406
H. S	870	667	520	537
I. K	547	547	400	333
H. A	325	464	483	505
M. J	870	591	505	537
J. S	452	452	483	456
Y. M	341	464	789	743

[20分間後]

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	1302	930	1859	1859
H. M	870	685	1685	1592
T. M	1575	3470	2264	1950
H. I	1627	1578	2367	2941
H. S	1040	1270	1575	1627
I. K	1446	1302	1446	1859
H. A	2000	2000	1790	1901
M. J	2168	2168	1928	1732
J. S	1210	1859	1859	2000
Y. M	2264	1950	2125	2000

[30分後]

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	2363	2363	3829	3470
H. M	2264	2264	3250	3470
T. M	3470	4959	2370	2168
H. i	3470	3250	3334	3125
H. S	4000	4822	3250	3250
I. K	4907	4000	2873	2740
H. A	4141	4000	4000	4000
M. J	4350	4141	3253	3334
J. S	3079	3250	4141	3079
Y. M	4350	3000	3470	2900

[40分後]

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	4814	4300	4852	4350
H. M	3470	3250	3470	3470
T. M	4166	4959	4121	4121
H. I	5200	5007	4142	4141
H. S	4141	5007	4350	3291
I. K	4032	4478	4069	3938
H. A	4350	3829	5210	5341
M. J	5200	5200	4350	4350
J. S	3470	3470	5200	5200
Y. M	4350	4140	3250	3470

[50分後]

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	6500	6500	6510	6075
H. M	5634	5200	5200	5102
T. M	5200	5800	6409	6130
H. I	5200	5200	5200	5200
H. S	6409	6130	6950	6950
I. K	5200	5200	6075	5200
H. A	7190	5800	5341	5200
M. J	5800	5210	6500	6409
J. S	5210	5210	4611	4198
Y. M	5200	5200	6075	6075

[60分後]

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	7440	6510	7375	7190
H. M	8967	5200	8967	6950
T. M	5800	6313	6950	7184
H. I	5200	6788	6788	6313
H. S	9470	9258	7891	5005
I. K	5800	5200	5200	5200
H. A	7190	6950	9814	8020
M. J	5200	5200	6950	5200
J. S	5210	5200	5800	5200
Y. M	7715	5634	7715	9057

第25表 暗順応測定値の鼻術平均

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
直後	10.8	9.2	13.5	5.8
5分後	169	137	124	136
10分後	561	570	524	493
20分後	1550	1721	1890	1946
30分後	3639	3604	3377	3154
40分後	4319	4364	4301	4167
50分後	5754	5545	5887	5654
60分後	6799	6225	7345	6532

視力と同一の日に計測した暗順応の値について作業前後の比較を行った分散分析表が第26表である。

第26表 午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の測定値の分散分析  
暗順応〔直後〕

	s s	d f	m s	F
全分散	9040	19		
個人間	2970	9	330	0.51
作業前後	267	1	267	0.41
誤差項	5801	9	645	

〔5分後〕

全分散	232841	19		
個人間	152251	9	16917	2.10
作業前後	8112	1	8112	1.07
誤差項	72478	9	8053	

〔10分後〕

全分散	9416	19		
個人間	5936	9	660	1.70
作業前後	4	1	47	0.01
誤差項	3475	9	387	

〔20分後〕

全分散	70921	19		
個人間	46605	9	5178	2.03
作業前後	14621	1	14621	0.57
誤差項	22854	9	2539	

〔30分後〕

全分散	147693	19		
個人間	119298	9	13255	4.21
作業前後	60	1	60	0.018*
誤差項	28336	9	3148	

〔40分後〕

	s s	d f	m s	F
全分散	74223	19		
個人間	63008	9	7001	5.77*
作業前後	311	1	311	0.24
誤差項	10904	9	1212	

〔50分後〕

全分散	69280	19		
個人間	54980	9	6109	4.47*
作業前後	200	1	200	0.15
誤差項	12300	9	1367	

〔60分後〕

全分散	392014	19		
個人間	278848	9	30983	2.88
作業前後	16472	1	16472	1.53
誤差項	96694	9	10744	

同表の結果をみると作業前後間の変動は小さく、どの時間に測定したものも有意な差を認めない。それに反して個人間の差は比較的明らかに現われる。暗室に入った直後では個人差は明らかでないが時間の経過とともに明らかになり、30分後の値では5%の危険率で有意であり、40分後の値では1%の危険率で有意である。第20表と同じ測定日に視力を測った値についての分散分析表と比較してみると、これも作業前後の変動は有意性がなく、むしろ個人差の方が有意となつていて視力についてもこの暗順応の場合と同一の傾向がみられる。

測定日を等しくしないときの暗順応値について分散分析を行ったのが第27表であるが、これも前述したところと似ているが、ただ20分後の値から個人差は有意に出ている。また50分後の値に作業前後の変動が有意

第27表 午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の測定値の分散分析  
暗順応〔直後〕

	s s	d f	m s	F
全分散	2300	19		
個人間	1094	9	122	1.20
作業前後	299	1	299	2.96
誤差項	906	9	101	

〔5分後〕

全分散	164986	19		
個人間	85308	9	9479	1.16
作業前後	6502	1	6502	0.79
誤差項	73176	9	8131	

〔10分後〕

全分散	2271	19		
個人間	1921	9	213	0.63
作業前後	500	1	500	1.48
誤差項	3005	9	334	

〔20分後〕

全分散	2076	19		
個人間	17280	9	1920	5.20*
作業前後	158	1	158	0.42
誤差項	3323	9	369	

[30分後]

全分散	49236	19		
個人間	39299	9	4366	5.23 *
作業前後	2436	1	2436	2.92
誤差項	7501	9	833	

[20分後]

全分散	357	19		
個人間	200	9	22	2.08
測定日	61	1	61	5.72 **
誤差項	96	9	11	

[40分後]

全分散	82462	19		
個人間	11478	9	1275	0.16
作業前後	900	1	900	0.11
誤差項	70083	9	7787	

[30分後]

全分散	941	19		
個人間	355	9	39	0.65
測定日	36	1	36	0.60
誤差項	550	9	61	

[50分後]

全分散	112529	19		
個人間	106324	9	11814	30.50 **
作業前後	2719	1	2719	7.02
誤差項	3486	9	387	

[40分後]

全分散	7229	19		
個人間	3813	9	423	1.11
測定日	160	1	160	0.004
誤差項	3415	9	389	

[60分後]

全分散	374037	19		
個人間	268268	9	29808	3.68
作業前後	33057	1	33057	4.09
誤差項	72712	9	8079	

[50分後]

全分散	9716	19		
個人間	5787	9	643	1.50
測定日	76	1	76	0.17
誤差項	3852	9	428	

であり、30分後及び60分後の値の作業前後のFも有意でないまでもかなり大きい。この測定日においては午後に暗順応力の低下があつたのではないと思われる。

測定日を異にしたときの作業前の値を比較したものが第28表である。

[60分後]

全分散	41134	19		
個人間	32635	9	3626	4.65 *
測定日	1489	1	1489	1.91
誤差項	7009	9	778	

第28表 午前<sub>1</sub>と午前<sub>2</sub>の測定値の分散分析  
暗順応 [直後]

	s s	d f	m s	F
全分散	2199	19		
個人間	1292	9	14356	1.45
測定日	212	1	212	0.21
誤差項	8865	9	985	

[5分後]

全分散	15342	19		
個人間	75594	9	8399	1.10
測定日	9323	1	9323	1.22
誤差項	68504	9	7611	

[10分後]

全分散	46248	19		
個人間	19894	9	2211	0.77
測定日	673	1	673	0.23
誤差項	25680	9	2854	

第28表では20分後の測定値において測定日による変動が明らかに有意であり個人間の差が60分値で有意であつたほかは何も有意な差は現われなかつた。前の作業前後の比較では個人間の変動が比較強く現われたのにもかかわらず、この分析では個人間の有意差があまりみられなかつたことは、測定の日によつてかなりの変動があり、しかもそれが個人によつて程度が異なる傾向があるものと考えられる。20分後の測定値のみに測定日による差が明らかに有意であつて、他の測定時間にはそれがみられなかつた点は説明づけることは困難であるから、偶然の結果にすぎないかもしれないが、一面この測定不安定性を示すものといえる。

作業前後の差を測定日について比較したものが第29表である。どこにも有意な差はみられない。強いていえば個人間の変動が比較的大きい場合のみられるのは前述の仮定のうらづけともなると考えられないこともない。

(二) 小括

第29表 午前<sub>1</sub>～午後<sub>1</sub>の差 分散分析  
午前<sub>2</sub>～午後<sub>2</sub>の差  
暗順応〔直後〕

	s s	d f	m s	F
全分散	3139	19		
個人間	1801	9	200	1.50
測定日	142	1	142	1.06
誤差項	1195	9	132	

〔5分後〕

全分散	1609	19		
個人間	7463	9	829	0.95
測定日	813	1	813	0.93
誤差項	7816	9	868	

〔10分後〕

全分散	7677	19		
個人間	3673	9	408	1.04
測定日	484	1	484	1.23
誤差項	3519	9	391	

〔20分後〕

全分散	4767	19		
個人間	1746	9	194	0.58
測定日	657	1	657	0.19
誤差項	2984	9	331	

〔30分後〕

全分散	7183	19		
個人間	3766	9	418	1.13
測定日	107	1	107	0.29
誤差項	3309	9	367	

〔40分後〕

全分散	3330	19		
個人間	2482	9	418	1.13
測定日	192	1	107	0.29
誤差項	8480	9	367	

〔50分後〕

全分散	4012	19		
個人間	1671	9	185	0.88
測定日	455	1	455	2.17
誤差項	1885	9	209	

〔60分後〕

全分散	3416	19		
個人間	1760	9	195	1.08
測定日	286	1	286	0.15
誤差項	1627	9	180	

視力の方は先のA組の組合せのところで検討されているので要点のみ繰返して述べるならば、この測定法は比較的安定した値をあたえるものではあるが疲労に対しては鈍感なのではなからうかと考えられた。

暗順応については本法は操作が複雑である点、測定時間が1時間以上もかかる点、暗室が絶対に必要であるという欠点がある。測定値の算術平均をみると50分後に第1回目も第2回目も午後に測定値の低下がみられるが、しかし分散分析の結果は個人差の因子が20分値、30分値に或いは1時間値に有意性が認められる他は有意な差は認められない。これからみれば疲労にはあまり敏感に反応しない測定のものであるが、今回の実験の範囲では暗順応力を酷使するような作業なり環境なりは何もなかつたのであるから何ともいえない。個人差がありながら、それが測定日が異なるとかくれやすい点などからみてある程度不安定な即ち何らかの要因で動きやすい測度のように思われる。

疲労測定法としての価値は、視力も暗順応もどちらもあまり価値がないが、暗順応の方が条件によつては価値ある場合もありうると考えられるが測定に手数のかかるのが難点である。

以上の点よりK組における両法の差は要するにいずれが勝るともいえない。両法とも各々欠点を有している点より両法の優劣はつけられない即ち同等といえよう。

V) F組 調節近点：電気閃光法

(イ) 調節近点

調節近点の計2回の成績はI組第10表に記載したので省略する。また測定値を前進、後退の度合で整理した表はI組第11表に記載したのでやはりここでは省略する。

第30表 電気閃光法測定値  
(単位 マイクロアンペア)

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
M. S	24.9	21.6	33.9	21.6
M. J	21.9	14.4	— 0.3	35.4
M. S	9.6	10.5	21.9	10.5
J. S	27.9	22.5	26.7	35.7
H. A	20.1	11.7	41.1	29.1
H. i	21.9	31.8	63.9	51.9
I. K	52.2	38.1	73	35.4
H. M	84.6	125.8	123.6	91.8
T. M	10.5	11.2	36.9	18.6
Y. M	26.4	28.8	82.5	82.2
算術平均	33	31.4	50.3	41.2



(ロ) 電気閃光法

電気閃光法の計2回の測定値は第30表の通りである。各回各時の算術平均値は2回とも作業後に測定値の下降がみられる。

(ハ) 優劣判定

第31表は電気閃光法について作業前後の変動を検定した分散分析表である。

第31表 午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の測定値の分散分析  
電気閃光法

	s s	df	m s	F
全分散	1521625.2	19		
個人間	1413216.2	9	157024.02	13.19 **
作業前後	1344.8	1	1344.8	0.11
誤差個	107064.2	9	11896.02	

第31表から次のことが推察できる。

(a) 電気閃光法では個人間の要因は  $F=13.19$  で1%点より大きく明らかに有意である。一方測定時の要因は  $F=0.11$  で有意でない。従つて作業前後の差が認められないということは疲労度を鋭敏に表示しないものといえよう。

(b) 電気閃光法と同日に行つた調節近点の成績については前の第13表に分散分析の結果を示したのであるが同表では個人差と個人との作業前後の交互作用に有意性がみられた。

電気閃光法の第2回目の成績について分散分析を行つたのが第32表である。

この場合も個人間に有意性がみられる他は第31表と同様な結果であることを示している。

第32表 午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の測定値の分散分析  
電気閃光法

	s s	df	m s	F
全分散	1829317	19		
個人間	1598295	9	177588.3	8.4 **
測定日	40991.8	1	40991.8	1.93
誤差項	190030.2	9	21114.46	

(b) 調節近点について他の測度と組合せて行つた成績はI組の第14表で検討されているがこのときは左右両眼ともに個人差は明らかであるが作業前後の差は有意でない。

第33表は電気閃光法について午前<sub>1</sub>と午後<sub>1</sub>の差及び午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の差の分散分析であるが個人間の要因も測定日間の要因も有意でない。調節近点について

第33表 午前<sub>1</sub>〜午後<sub>1</sub>の差  
午前<sub>2</sub>〜午後<sub>2</sub>の差  
の分散分析  
電気閃光法

	s s	df	m s	F
全分散	426616	19		
個人間	135000	9	15000	0.50
測定日	23667.2	1	23667.2	0.79
誤差項	267948.8	9	29772.08	

はI組の第15表で検討したようにいずれの要因についても有意性はみられなかつた。

第34表は電気閃光法について測定日を異にしたときを比較したものである。

第34表 午前<sub>1</sub>と午前<sub>2</sub>の測定値の分散分析  
電気閃光法

	s s	df	m s	F
全分散	1796004	19		
個人間	1280366	9	142263	3.0
測定日	94531	1	94531	2.0
誤差項	421106	9	46790	

個人間の要因は  $F=3.0$  で5%に近いが有意とはいえない。測定日の要因は  $F=2.0$  でかなり大きい有意でない。測定日を変えて当該測定法を繰返しても測定値にあまり変化をみないということにはなるが、同一日に測定した作業前後の比較では個人差が著明に出たことを考えあわせると、測定日が違えば相当不安定に動く測度とも解釈される。

調節近点ではI組の第16表で検討したように個人差の変動が同一日内でも測定日が変わっても動かない。個人的な差を示す点ではこの方が安定しているともいえる。

(二) 小括

電気閃光法は疲労測定法として注目されている一つであり測定にはあまり時間がかからない。しかし今回の実験では分散分析の結果は作業前後の差の明らかでない点から疲労度を明確にするものか否かは疑問といわねばならない。しかし同一日に測つた個人間には強い有意性を示しているが、測定日が変わるとその差が少なくなる点からみると何らかの要素によつて動きやすい測度であるが或る程度心理的影響をうけるものらしく思われる。一方方法は測定場所によつても測定値に変動をうけるように考えられる。

要するに電気閃光法では測定場所をえらばなければならぬ点及び測定前に予備練習が必要である点を考

えれば調節近点の方が測定は容易であるが疲労に対しては鈍感である。F組における両法の差異は両法とも一長一短がありいずれが勝るともいえない。

VI) C組 輻輳近点：瞬目

(イ) 輻輳近点の2回の成績はJ組の組合せにおいて第2表に記載し、後退度合で分類した被検者分布表は第3表に記載したのでここでは省略する。

(ロ) 瞬目数

瞬目を停止可能時間、5分間の瞬目数、一点をみる時、読書時の4種類について行った測定値は第35表の通りである。停止時間はもちろん秒単位で現わしたが、その他の種類の測定においては測定時間内の瞬目数を以て現わすことにした。

算術平均値は第36表に記した。

第36表をみると瞬目間隔は停止可能時間では第1回、第2回ともに午後は短くなっている。しかし第2回目の測定ではその差は小さい。読書時、5分間、1点を見つめるときは3種の測定では第1回目ときは午後に回数かふえて瞬目と瞬目との間隔が短くなっているが、第2回目はその逆になっている。ただしこのときは午前と午後の差は小さい。

第35表 瞬目測定値  
〔停止可能時間〕 - 〔単位は秒〕

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
H. S	7.1	12.5	12.4	14.6
H. i	56.2	40.6	63.5	13.9
I. K	7.1	3.0	2.5	3.7
J. S	2.0	4.4	2.8	4.1
H. M	15.5	22.2	13.6	23.7
M. S	68.4	5.4	47.2	35.5
M. J	76.6	98.7	5.0	12.2
T. M	19.9	65.6	7.1	14.2
H. A	114.8	29.1	61.8	88.6
Y. M	6.5	7.5	7.8	6.6

〔5分間〕 〔単位は回数〕

	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
H. S	94	136	81	59
H. i	18	24	21	24
I. K	56	200	272	166
J. S	230	230	272	272
H. M	52	59	23	81
M. S	100	81	79	50
M. J	20	8	81	38
T. M	35	24	26	42
H. A	7	15	17	24
Y. M	48	43	9	55

〔1点みる時〕 〔単位は回数〕

H. S	27	22	22	16
H. i	3	4	4	6
I. K	9	40	28	29
J. S	27	31	46	45
H. M	13	2	10	13
M. S	16	25	19	14
M. J	1	0	11	7
T. M	16	3	25	7
H. A	6	2	5	3
Y. M	12	9	9	14

〔読書時〕 〔単位は回数〕

H. S	17	11	14	10
H. i	3	4	3	2
I. K	11	23	7	8
J. S	12	35	57	36
H. M	0	0	3	2
M. S	9	7	5	5
M. J	3	1	3	3
T. M	4	2	3	4
H. A	3	2	2	1
Y. M	2	7	4	8

算術平均値は第36表に記した。

第36表 瞬目測定値の算術平均値

	単位	A. M <sub>1</sub>	P. M <sub>1</sub>	A. M <sub>2</sub>	P. M <sub>2</sub>
停止可能時間	秒	38.8	28.9	22.3	21.7
読書時	回	6.4	9.2	9.8	7.9
5分間	回	67	82	88	81
1点を見つめず時	回	13	13.8	17.9	15.4

(ハ) 優劣判定

輻輳近点ではJ組の第6表に記載したがこの輻輳近点では個人間、作業前後ともに明らかに有意性が認められこの測定法は疲労度にかかなり敏感に感ずるようには考えられる。

輻輳近点と同一の日に測定した瞬目について作業前後の値に有意な差があるか否かについてみたのが第37表の分散分析表である。

停止可能時間では個人間の要因はF=10.8で1%点よりはるかに大きく、5分間の方では個人間の要因はF=9.1で1%点より大きくともに明らかに有意である。他の2種類では個人差は有意ではないがF値はかなり大きい。しかしながら作業前後の要因についてはいずれも有意性がみられない。

輻輳近点でない他の測定法と組合せて実施した日の

第37表 午前<sup>1</sup>と午後<sup>1</sup>の測定値の分散分析  
瞬目〔停止可能時間〕

	s s	d f	m s	F
全分散	1770	19		
個人間	1586	9	176	10.8 **
作業前後	362	1	362	2.2
誤差項	147	9	16	

〔5分間〕

全分散	952	19		
個人間	848	9	94	9.1 **
作業前後	11	1	11	1.0
誤差項	93	9	10	

〔1点をみつめさす時〕

全分散	2603	19		
個人間	1903	9	211.4	2.72
作業前後	3.2	1	3.2	0.04
誤差項	697	9	77.4	

〔読書時〕

全分散	20	19		
個人間	14	9	1.5	2.63
作業前後	0.8	1	0.8	0.14
誤差項	5.2	9	0.57	

午前<sup>2</sup>と午後<sup>2</sup>の測定値について分散分析したものが第38表である。

第38表 午前<sup>2</sup>と午後<sup>2</sup>の測定値の分散分析  
瞬目〔停止可能時間〕

	s s	d f	m s	F
全分散	1135	19		
個人間	959	9	106	5.4 **
作業前後	21	1	21	0.01
誤差項	176	9	19	

〔5分間〕

全分散	1462	19		
個人間	1367	9	151	14.7 **
作業前後	2.4	1	2.4	0.23
誤差項	93	9	10	

〔1点をみつめさせた時〕 1分間

全分散	2994	19		
個人間	2772	9	308	3.22 *
作業前後	31	1	31	0.32
誤差項	191	9	95	

〔読書時〕

全分散	45	19		
個人間	40	9	4.4	8.9 **
作業前後	0.05	1	0.05	0.10
誤差項	4.5	9	0.5	

この場合もいずれの測定法でも個人差は有意であるが作業前後の差は有意でない。

第39表 午前<sup>1</sup>～午後<sup>1</sup>の差  
午前<sup>2</sup>～午後<sup>2</sup>の差 分散分析  
瞬目〔停止可能時間〕

	s s	d f	m s	F
全分散	1745	19		
個人間	879	9	97	1.1
測定日	32	1	32	0.3
誤差項	833	9	92	

〔5分間〕

全分散	4300	19		
個人間	666	9	74	0.19
測定日	288	1	288	0.77
誤差項	3345	9	371	

〔1点をみつめさせた時〕 1分間

全分散	20	19		
個人間	8	9	0.8	0.70
測定日	1.0	1	1.8	1.58
誤差項	10.2	9	1.13	

〔読書時〕

全分散	1222	19		
個人間	180	9	20	0.19
測定日	115	1	115	0.11
誤差項	926	9	102	

第39表は午前<sup>1</sup>と午後<sup>1</sup>の差及び午前<sup>2</sup>と午後<sup>2</sup>の差について分散分析を行ったのであるが、これではいずれの測定法においても有意差はみなかった。

第40表 午前<sup>1</sup>と午前<sup>2</sup>の分散分析  
瞬目〔停止可能時間〕

	s s	d f	m s	F
全分散	2036	19		
個人間	1603	9	178	5.0 *
測定日	113	1	113	3.2
誤差項	319	9	35	

〔5 分間〕

全分散	13002	19		
個人間	10382	9	1153	4.37*
測定日	242	1	242	0.92
誤差項	2378	9	264	

〔1点をみつめさせた時〕 1分間

全分散	2661	19		
個人間	1775	9	197	3.27*
測定日	344	1	344	5.7*
誤差項	542	9	60	

〔読書時〕 1分間

全分散	1222	19		
個人間	180	9	20	6.82**
測定日	115	1	115	2.26
誤差項	926	9	102	

第40表は午前<sub>1</sub>の値と午前<sub>2</sub>の値の2回の就業前の値を比較して分散分析を行ったものである。どの測定法においても個人間に有意差がみられるとともに測定日の間にもかなりの差があり、1点をみつめさせたときでは有意である。

## (二) 小 括

輻輳近点の測定法は就業前後の差が明らかに有意に出たことからみると疲労度に相当敏感に反応するようである。しかも所要時間も僅少ですむ。また個人差も有意であつた。測定日が異なると個人差が明らかにならなかつた点は説明が困難であるが強いていえば、測定日の条件の差による変動が充分大きく個人差をおおいかくす程度であつたことも解釈できる。暗室を使用したのがこれは視標面における照度の一定性を保つた

めにしたので必要条件ではない。

瞬目について考えるとこれは測定時間は僅かであつてその点は便利な測定度である。

しかし個人の意志によつてかなり強く左右されて不安定な測定度である。今回行つた瞬目の4種類測定法について比較してみると、いずれも個人差が強く現われるが作業前後の差は明らかでない。よく似た傾向を示している。

要するに瞬目数は個人差が比較的大きく、疲労によつて変動しないようであるが、その変動に一定性が少なく疲労度の測定法としては使いにくいものようであるが、ただ測定日の要因が有意であつた点は興味のあることで、疲労そのものでなくとも、何らかの状態の変動を示してくれるものかもしれないので、充分再吟味される価値はあるのであろう。

## VII) E組 閃光融合閾値測定法：視野

## (イ) フリッカー法

フリッカー法による計2回の成績は第41表の通りである。

各回各時の算術平均値は第1回目は午後に測定値の増加がみられ、第2回目は逆になつている。その他に測定眼は左右いずれの眼を測定してもあまり差がみられないと考えられる。

## (ロ) 視 野

視野の計2回の測定値はあまりに膨大になるので記載するのは省略し、その測定値の算術平均値のみを記載する。第42表がそれである。

各回各時の算術平均値は、白、青、赤、緑の4視標を用いた8方向の測定値は午前及び午後一定した減少または増減はみられず増加、減少が入り乱れている。

第41表 フリッカー測定値 (単位C/秒)

	A. M <sub>1</sub>		P. M <sub>1</sub>		A. M <sub>2</sub>		P. M <sub>2</sub>	
	右眼	左眼	右眼	左眼	右眼	左眼	右眼	左眼
H. J	41	35.3	40	40	42.3	38.3	37.3	36.3
H. M	40.6	43	38	41.6	41	39	40.3	36.3
I. K	42.3	45.6	43	43	46	44.6	42.6	43.3
M. S	43	42.3	42.3	44	43	44	42.6	43
M. J	42	45.6	45	38.6	42	43.6	41	39
Y. M	51.6	51.3	59.3	59.6	49.3	46.6	45	44.6
J. S	49.3	49	49.6	52	53	52	50.3	53
T. M	47	45	48.3	45	47.6	50.6	50.3	52
H. A	53.3	51.6	56	54.6	51	47.6	50.3	50.6
H. S	50.6	53.6	52	50.6	49.6	47.3	48	49.6
算術平均	46	46.2	47.3	46.9	46.5	45.4	44.7	44.8

第42表 視野測定値の算術平均値

			上 部	外斜上部	外側部	外斜下部	下 部	下内斜部	内側部	内斜上部
白	右	A. M <sub>1</sub>	52.4	51.2	75.8	72.4	58.2	56.4	61.2	51.1
		P. M <sub>1</sub>	52.5	54.4	77.8	76.2	59	56.8	64.2	54.9
		A. M <sub>2</sub>	47.2	47	80.1	79	64.5	57.2	62	46.2
		P. M <sub>2</sub>	50.5	55.8	80.4	78.7	63.8	56.5	64	51.8
	左	A. M <sub>1</sub>	49.9	56.9	81.7	72.9	58.8	60.7	63.6	52.5
		P. M <sub>1</sub>	52.9	59.1	78.2	74.8	58	61	64.8	53.7
		A. M <sub>2</sub>	47.5	54.2	81	77.9	66.1	60.5	61.6	47.4
		P. M <sub>2</sub>	53.3	54.7	81.9	76.3	64.6	62.7	64.2	54
青	右	A. M <sub>1</sub>	49.7	47.9	72.2	71	58.5	52.9	53.5	47.8
		P. M <sub>1</sub>	47.4	50.5	70.7	69.8	56.1	50.9	57.1	48
		A. M <sub>2</sub>	40.5	42	76.9	75	61.4	53.7	55.2	41.9
		P. M <sub>2</sub>	45.2	47.2	74.5	71.9	60.3	53.7	55.8	45.7
	左	A. M <sub>1</sub>	46.6	52.8	75.9	67.2	56.2	58.1	59.8	48.1
		P. M <sub>1</sub>	47.6	53.2	72.7	69.5	55.4	57.1	59	49.3
		A. M <sub>2</sub>	43.5	50	74.4	72	63.7	55.9	57.2	41.3
		P. M <sub>2</sub>	48.2	48.6	74.2	71.4	61.6	59	60.5	48
赤	右	A. M <sub>1</sub>	46.3	45.3	67.5	66.5	54.7	49.3	48.4	46.1
		P. M <sub>1</sub>	44.6	48	67.7	67.4	54.5	49.1	54.5	45.8
		A. M <sub>2</sub>	39.2	40.5	72.8	69.6	56.2	49.6	51.7	40.2
		P. M <sub>2</sub>	44.1	45.8	71.9	68.6	55.8	51.6	50.4	44
	左	A. M <sub>1</sub>	44.9	51.8	74.4	64	53.6	55.5	56.9	45.8
		P. M <sub>1</sub>	45.6	52.6	69.6	66.3	54.2	54.4	56.5	46.4
		A. M <sub>2</sub>	40.7	47.5	72.6	65	61.6	53.7	54	38.1
		P. M <sub>2</sub>	45.4	46.5	73.3	69.1	58.4	56	56.4	44.9
緑	右	A. M <sub>1</sub>	44.6	44	66.9	62.3	53	47.7	49.3	43.5
		P. M <sub>1</sub>	43.1	45.7	65.1	63.8	52	46	49.8	41.6
		A. M <sub>2</sub>	37.2	36.4	69.6	66	53.6	47.2	48.2	35.5
		P. M <sub>2</sub>	41.4	42.5	68.1	62.3	52.8	47.1	47	41.6
	左	A. M <sub>1</sub>	42.9	50	69.7	58.7	49.7	53.4	53.8	42.4
		P. M <sub>1</sub>	43.2	49.1	66.3	63.5	51.9	52.4	53.5	44.5
		A. M <sub>2</sub>	39.4	44.9	67.9	60	59	51.3	52.4	36.5
		P. M <sub>2</sub>	42.5	43.4	67	64.6	55	53	52.7	41.9

## (ハ) 優劣判定

フリッカー法と視野と同一の日に測定した作業前後の値に有意な差があるか否かについてみたのが第43表の分散分析表である。

## (a) フリッカー値

第43表(a)にみるように個人差は明らかに有意であるが、作業前後の差も有意である。個人と前後の交互作用項も有意ではないが、F値はかなり大きい。要するに個人差の強い測定であるが、作業前後の差もよく現われ、疲労度を鋭敏に反映するものようである。

但しこの視野と組合せて測定した日のフリッカー値

は作業後の値の方が大きく、一般に疲労回復とされている方向に動いている。

## (b) 視 野

視野は個人、前後、左右、色、測定方向の5つの要因について分析できるからその各々のすべての組合せについての交互作用項が分析可能であるが、高次の交互作用項は意味がないので、2因子間のもののみについて計算した。結果は第43表(b)に示したように、殆んどすべての要因及び交互作用項が有意である。これは一つは測定値が1280という多数にのぼるために誤差分散の推定量が著しく小さくなったためである。こ

第49表 左右眼の午1前と午後1の分散分析

(a) フリッカー法

	s. s.	d. f.	m. s.	F	
全 分 散	12161	39		41.8	
個 人	10833.3	9	1203.7	6.2*	* $\Delta$ 6.3
前 後	180.6	1	180.6	0.19	
左 右	5.6	1	5.6	23	2.35
個人 × 前後	601.5	9	66.8	1.1	
個人 × 左右	280.5	9	31.2	0.001	
左右 × 前後	0.2	1	0.2		
誤 差 項	540.2	9	28.8		
		↓	↓		
		19	28.4		

△ Pool した誤差項による F 値

(b) 視 野

	s. s.	d. f.	m. s.	F
全 分 散	31326.9	1279		
個 人	4818.1	9	535.3	176.7 **
前 後	5.4	1	5.4	1.8
左 右	36.1	1	36.1	11.9 **
色	2571.4	3	857.1	282.9 **
測定方向	15111.3	7	2158.8	712.5 **
前後 × 左右	129.0	1	129.0	42.6 **
前後 × 色	4.9	3	1.6	0.5
前後 × 個人	1278.9	9	142.1	46.9 **
前後 × 測定方向	82.3	7	11.8	3.9 **
左右 × 色	131.1	3	43.7	14.4 **
左右 × 個人	297.7	9	33.1	10.9 **
左右 × 測定方向	497.8	7	71.1	23.5 **
色 × 個人	426.1	27	15.8	5.2 **
色 × 測定方向	122.7	21	5.8	1.9 *
個人 × 測定方向	2460.3	63	39.1	12.9 **
誤 差 項	3353.8	1108	3.03	

のようなときには、F 値がたとえ有意であつても小さいものは、この多数回の測定によつて初めて有意性が現われるほどにその差の大きさが小さいことを示すものであるから実用的には意義のあまりないものといえる。

それにもかかわらず、作業前後の要因及び色と前後の交互作用項が有意でなかつた。故に視野を測定することは疲労度の判定法としては意味がないと判断してよい。

但し前後 × 個人の交互作用項が明らかに有意だつた点は注目されてよい。作業前後の視野の広さに変動がないのではないが、その変動方向が個人によつてまちまちであつて、平均的には殆んど作業前後に差がないことになつたものらしい。

個人、色、測定方向の要因或いはそれらの交互作用がすべて有意であることは当然予想されることである。しかし左右の差及びそれを含む交互作用項が F 値はあまり大きくないが明らかに有意であつた点は解釈

第44表 左右眼の午前<sub>2</sub>と午後<sub>2</sub>の分散分析

フリッカー法

	s. s.	d. f.	m. s.	F	
全分散	8587.6	39			
個人間	7641.1	9	849.0	35.4 **	
前後	152.1	1	152.1	6.3 *	*△ 5.96
左右	44.1	1	44.1	0.20	
個人×前後	264.4	9	29.4	1.2	1.15
個人×左右	221.4	9	24.6	1.02	
左右×前後	48.4	1	48.4	2.00	
誤差項	216.1	9	24.0		
		↓	↓		
		19	25.5		

△ Pool した誤差項による F 値

が困難である。左右に関する交互作用項のなかでも、前後×左右が大きい F 値を示している点からみて、照明の関係か何か測定条件が午前に行つたものと午後のものとは左右反対になつていたのではないかと推察される。

他の測定項目と組合せて行つた測定値の午前と午後との比較は第44表の如くである。視野についての分析は意義が少ないと思つたので省いて、フリッカー値のみについて観察した。

この場合も第43表に示した成績と同じく、個人差は明らかに有意であり、作業前後の差も有意である。このときの平均値は第41表にみたように午後の方が午前より小さく疲労を示す方向に動いている。

第45表はフリッカー値について第1回測定の午前と午後との差及び第2回の午前と午後との差について左右別に分散分析を行つたものである。

第45表 午前<sub>1</sub>～午後<sub>1</sub>の差 分散分析  
午前<sub>2</sub>～午後<sub>2</sub>の差  
(a) フリッカー [右眼]

	s. s.	d. f.	m. s.	F
全分数	16147	19		
個人間	4745	9	527	0.59
測定日	4470	1	4470	5.1 *
誤差項	7931	9	881	

(左眼)

全分数	17031	19		
個人間	8075	9	897	1.2
測定日	2398	1	2398	3.3
誤差項	6557	9	729	

測定日による変動の F 値は有意ではなかつたがかなり大きく、ことに右眼では 5% 点に殆んど等しい。

第46表は午前<sub>1</sub>と午前<sub>2</sub>の値の2回の就業前の値を比較して分散分析を行つたものである。

第46表 午前<sub>1</sub>と午前<sub>2</sub>の測定値の分散分析  
(a) フリッカー [右眼]

	s. s.	d. f.	m. s.	F
全分数	37314	19		
個人間	35254	9	3917	17.8 **
測定日	840	1	84	0.38
誤差項	1975	9	219	

(左眼)

全分数	42211	19		
個人間	29059	9	3229	2.21
測定日	26	1	26	0.01
誤差項	13125	9	1458	

第46表より次の事柄が推察される。

フリッカー法では個人間の要因は右眼では F=17.8 で明らかに有意であり、左眼では F=2.21 で有意でないが比較的大きい値を示している。一方測定日の要因は右眼 F=0.38, 左眼 F=0.01 でいずれも 5% 点よりはるかに小さい。これらの点からこの測定法は個人差が大きいものであるが測定日の要因は有意性が認められない点から当該測定法を日をかえて測定を繰返しても午前の無疲労時の測定値には変動はあまりないと考えられる。

(二) 小括

1) フリッカー法

算術平均値をみると第1回目は午後に恢復がみられるが第2回目の午後は測定値が低下し疲労を現わしていると思われる。分散分析の結果は作業前後の要因はいずれも有意性が認められる。個人間には一般に強い有意性が認められ、午前の値の比較では測定日の因子は有意性が認められないことから個人差は大きいと比較的安定した測定値をあたえるものと考えられよう。フリッカー値の動きが全身的な疲労とよく並行するか否かは疑問がもたれているが、ともかくもある一つの機能の低下を現わす点では優れた測定法であつて疲労の判定に役立つものと考えられる。

しかしフリッカー法は前もつて被検者に練習させ納得させておかねばならない。測定時間は両眼で30分程必要である。

## 2) 視 野

算術平均値をみると各視標の各値の午前及び午後に一定した減少または増加がみられず、増加及び減少が入り乱れている。即ち午前と午後に明確な差は認められない。

測定日による平均値の動きは下部においていささかみられるが、その他の方向では殆んど動きがない。

分散分析の結果をみても、方向、色、個人の順に明瞭な差が現われるだけで、作業前後による差はみられなかつた。要するに安定した測度であつて疲労によつて変動することは期待できないものようである。ただし作業前後と個人の交互作用項がかなり強く有意であつたことは注目に価する。

また測定時間は両眼で25分ほど必要であり、測定する場合記録のため助手が1人必要な点は不便である。

3) 以上の点よりE値における両法の差異はフリッカー法が勝つていると考えられる。

## VIII) H組 目測：暗順応

### (イ) 目 測

測定値、及び分散分析の結果はI組の調節近点との比較のところで記載したのでここでは省略する。

### (ロ) 暗 順 応

測定値の分散分析の結果はK組の視力との比較において記載したので省略する。

### (ハ) 優劣判定

目測については第1回は調節近点と同一日に測定したのであつたが測定した作業後の値の平均値は誤差が大きくなる傾向を現わしてはいたが、その差は有意でなかつた。第2回目の暗順応の組合せ同一の日に測定した測定値について分散分析を行つた結果を前に第14表にあげておいたがこの場合も同様の傾向がみられた。疲労によつて動くものらしいが、元来変動が小さ

く、時間を充分にかけさえすれば、9になりやすいため、疲労度の精密な比較には役立つものようである。その上練習効果も強く認められる。

一方暗順応の方は視力と同一日に測定した場合の成績では30分以後の値において個人差が比較的著明に現われる傾向がみられたことは前述した。目測と同一日に測定したときの値では20分後から個人差が有意であつた。またこのとき、この日の測定では作業前後の差もある程度みられた。

要するに目測も暗順応も疲労に反応するものであるが、優れた測定法とはいいいがたい。強いて優劣をつければ、測定に長時間を要する欠点はあるが、暗順応の方が勝つているといえるであろう。

## IX) D組 眼位：フリッカー法

眼位についてフリッカー法と同一日に測定した値は第19表にあげておいた。視力とともに測定したときと特にいうべき差異はない。作業後には外斜位または内斜位になる傾向があり、ある程度疲労度を表現するものらしいが、数量的な取扱いができていく点が難点である。

フリッカー法と眼位の測定と同一日に行つた値は第41表に、その分散分析の結果は第44表にあげてある。

眼位とフリッカー法との優劣は当然フリッカー法が勝るといわねばならない。

## X) G組 瞬目：瞳孔径

瞬目についてはC組において幅輻近点との比較のときに記述し、瞳孔径についてはこれもJ組において同じく幅輻近点との比較において記述した。

双方ともに個人差の強い測度であつて、しかも作業前後の差の明らかに出ない点も似ている。しかし測定法が簡単であり、また測定方法なり測定条件なりをもつと工夫すれだ疲労判定の手がかりとなりうるののではないと思われる点で瞬目の方が瞳孔径より優れていると考える。

## XI) B組 視野：電気閃光性

(イ) 電気閃光性と共に測定した視野測定値の左右別、色別、方向別平均値は第42表に  $AM_2$ ,  $PM_2$  とし記載した。

各回各時の算術平均値は白、青、赤、緑の4視標で8個所の部分の各値は午前及び午後一定した減少または増加はみられず、増加、減少入り乱れていて、第1回のフリッカー値と同一日に測定したものと特に異つた傾向が認められない。

視野と共に測定した電気閃光法の測定値及び分散分析表は第30表及びび第32表である。

### (ロ) 小 括



前述したように視野の測定は手数のかかる割合に疲労測定法としては無力である。

一方電気閃光法は測定にあまり時間がかからない。しかし分散分析の結果は作業前後の差が明らかでない点から疲労度を明確に示すものか否かは疑問である。しかし同一日に測つた個人間には強い有意性を示しているが測定日が変わるとその差が少なくなる点からみると何らかの要素によつて動きやすい測度であるが、ある程度心理的影響をうけるものらしく思われる。一方本法は測定場所によつても測定値に変動をうけるように考えられる。

以上の点より両法を比較すると測定時間が電気閃光法が短時間ですむ点が視野より勝っている。疲労度を判定する上からは視野は疲労度に対して鈍感であると考えられるので、電気閃光法は心理的影響及び測定場所の影響をうけるようであるが、僅かに視野より勝っていると思われる。

## 考 察

今日視機能と疲労との関係の研究報告は極めて多い。疲労という現象は科学的に明確に定義がなされておらないが、一般にある器官または全身が働いた結果としてその作業能率が低下する現象を疲労とよばれている場合が多い。この疲労という現象が感覚器管のうちで視器に最もよく現われるといわれ<sup>7)</sup>、一方視器の疲労が全身に及ぼす影響も大であるとされている。それ故疲労の研究における視器の意義は大きく疲労測定法には視器に関係あるものが多い。

しかしながらそれらの測定法について直接に優劣を比較した研究報告は僅かに岡田の研究報告第3報<sup>8)</sup>の前半に少し見出すのみである。これが私の本実験を企図した理由である。測定法は11種類選出したのであるが中枢性と末梢性に測定法を大別すると

視覚系に属する測定法は

- (1) 視 力
- (2) 視 野
- (3) 光 覚
- (4) 閃光融合閾法 (フリッカー法)
- (5) 電気閃光法
- (6) 目 測

眼筋系に属する測定法は

- (1) 調節近点
- (2) 輻輳近点
- (3) 眼 位
- (4) 瞬 目
- (5) 瞳 孔 径

以上のように私の行つた測定法が大別されるように思われる。

次に各々の測定値を今までに研究報告されている結果と参照して、測定法の優劣をきめてゆきたいと思う。

先ず視覚系に属するものより検討すれば

### (1) 視 力

視力については疲労と直接関係した研究は少ないのであるが、工場労働または学習活動によつて軽度の視力低下をみたという報告<sup>9)</sup>もあり、不変であつたというもの<sup>10)</sup>、運動後にむしろ増強したという報告もある<sup>11)12)</sup>。

私の行つた測定では第1回目には10名中に増強2名、低下1名、不変7名であり、第2回目には増強3名、低下1名、不変6名であつて、不変が大部分であるが、作業後低下するものの数よりも増強するものの方がむしろ多いという成績であつた。分散分析の結果からは作業前後の差は何ら有意でなく、視力に疲労程度は現われなかつたとしなければならぬ。

視力は案外安定な機能であつて、福島<sup>13)</sup>は2気圧の高圧では何も変化はないといひ、古谷<sup>14)</sup>は6000m以上の高度で低下をみたという。要するに私の実験のような軽作業によつて左右されるようなものでなく、従つて疲労度の測定法として役立つものといえよう。

### (2) 視 野

視野については疲労時の視野に関する研究は多くみられない。萩野<sup>15)</sup>は1万米競走前後の視野測定を施行したところ、競走後、色視野の拡大を認め、毎日主催マラソンの前後の視野測定ではかえつて狭窄がみられたという。山中<sup>16)</sup>は視標の前後運動によつて惹起させた眼疲労時の視野について研究し、白視野及び色視野共に狭窄或いは色視野の交錯及び不規則な変動をみている。また実験的発汗後にも視野特に緑視野の狭窄をみたという<sup>16)</sup>。生井<sup>17)</sup>は酸素欠乏下では周辺視野は殆んどかわらないと述べているが、今泉<sup>18)</sup>は低圧下でマリオット氏盲点を含みその周囲に初発する輪状性相対暗点が発すると報告している。

私の実験の測定値をみても狭窄しているところあり、拡大しているところがあつてその変化は乱れている。精神作業においては一定した傾向の変化は認められないように思われる。作業前後の値の総平均が殆んど等しかつたことからみても疲労測定法となりがたいようである。その上所要時間が長くなることも不便であり、第一に疲労度に対応する測定値の変化を狭窄または増大または交錯といずれを目標におくべきか不

定である点は甚だ都合が悪い。

### (3) 光 覚

先人の研究報告をみると生井<sup>19)</sup>ら及び三田村<sup>20)</sup>の研究では共に労働後に光覚の低下を認めている。江原、松下<sup>21)</sup>等是不眠の実験において暗順応による光刺激閾下降速度が不眠時間の増加と共に減少し、石原<sup>22)</sup>の研究によると、ある肉休労働量で暗順応速度は一時増すがこの量をこえたときは減少すると述べ、酸素欠乏または低圧環境ではこの機能は低下するが<sup>23)24)</sup>、小谷<sup>25)</sup>は高圧環境においては視力、視野、暗順応等の機能亢進を認めたと述べている。

私の測定結果をみると暗順応値は作業前後の増減は一定していないが、測定時間の50分、60分のときには午後の測定値には減少がみられる。即ち変化の現われ方は大体において午後の測定値は減少するとみなすべきであろう。分散分析の結果は作業前後の差に有意性のみられた場合は少なかつた。要するに測定誤差の大きい測定法であり、所要時間が長い点などの欠点もあつて、疲労に対応して変化するものようではあるが疲労測定には用いにくいといわざるを得ない。

### (4) 閃光融合閾法(フリッカー法)

閃光の識別閾はいろいろ研究され、また眼科的に応用されているが<sup>26)</sup>、フリッカーテストは視覚の生理に基礎をとつたものであり、これを疲労判定に応用するに至つた理由を梶原<sup>3)</sup>は疲労すると生理的に感覚が鈍くなるが、本法は視力についてこの性質を利用し頻度を自由にかえる閃光を用い、その融合頻度閾値の変化によつて疲労を判定する方法であり、主に中枢(神経)疲労の測定に用いられるが筋作業疲労でも中枢神経系に疲労を及ぼすのでこれを用いると述べている。

フリッカー法は Simonson ら<sup>30)</sup>がタイピストなどの精神作業者に作業後閾値の低下をみて以来今日大いに疲労研究へ利用されている<sup>31-35)</sup>。大島<sup>4)</sup>らは監督作業者について測定し作業中は閾値が小となり、終業後は急に閾値の上昇を認めた。また重筋労作の場合と精神作業の場合と異なる結果をあたえるという<sup>36)</sup>。

私の施行した実験結果では第1回目は上昇がみられ、第2回目には閾値の下降がみられたがいずれも数値の変動は僅少であつたにかかわらず分散分析ではいずれも有意であつた点からみると鋭敏な測定法であるといえる。

しかし数値の変動が僅少であるため相対的測定誤差は大きく、また被検者の練習効果に左右されやすい点及び変動した数値が早い時間に恢復することなどの欠点あげられる。またフリッカー値の変動が主観的な疲労或いはわれわれが漠然とではあるが疲労状態と考

えているものの程度と一致しない場合の多いことも問題である。その解釈には困難な点もあるが、ある一つの機能の変動を鋭敏に示してくれる意味で優れた測定法であるといえる。

### (5) 電気閃光法

この方法は本川教授の創案によるものである。本川<sup>38)</sup>らは肉休及び精神疲労の各条件について研究し、この方法をもつて疲労の判定が可能であると述べている。また本川、岩間<sup>40)</sup>は酸素不足の鋭敏な指標として役立つとしている。萩野<sup>41)</sup>らは本川式を改良した型で各種の生活環境について測定したところ、この方法では肉休と精神疲労を一律に測定することはむづかしくむしろ精神疲労の測定に適しているとしている。その他本法が疲労測定に役立つとしている研究<sup>42)43)</sup><sup>44)</sup>がいくつかあるが、坂部<sup>45)</sup>は疲労判定をこの方法によつて行うのは無理であり、皮膚電気抵抗に關係が深いとしている。また岡氏<sup>46)</sup>は $\Delta S$ よりも $S_i$ によつて大脳の興奮水準を推定することができるとした方がよいといつている。

私の実測では閾値差が小さくて何とも判定できない場合がよくあり、萩野のいつているように個人差も大きく、心理的影響を多分にうけるようで、阿部、崔<sup>47)</sup>らの官庁従業員の疲労測定の結果に述べているように、測定値の上昇が認められないのは被検者が異常に緊張した状態、または注意の集中度の異常に高い人に認められるのである。この点より考えると私が測定したとき、被検者は5m前方の一視標をみつめさせたことなども測定値に多少の影響を来たしたのではないかと思われる。なおこの測定器は取り扱いが簡便な点は長所であるが疲労測定法としては難点があるように思われる。

### (6) 目 測

目測にはみるべき研究報告が見当たらない点からみてもあまり有意な測定法ではないとされているのでなからうか。

私の施行した測定でも作業前後の差がごく僅少で、不変が甚だ多かつた。また分散分析の結果をみても個人差も作業前後にも有意性が認められなかつたことから、疲労測定法として鈍感なものと考えざるを得ない。練習効果が入りやすい点も欠点の一つであるが、もつと精密な方法が考えられれば或いは疲労判定に役立つようになるかも知れない。

次に眼筋系に属するものをみれば

#### (1) 調節近点

全身及び視性疲労の判定法としての調節作用としての観察は重要視されている<sup>58)</sup>。近点測定では Baur が

種々な条件で疲労させた児童について Scheier 法で近点を測定したところ、遠点の遠隔と近点の近接を証明して以来、多数の研究業績があるが成績は必ずしも一致しない。生井、中野、大塩らは旋盤工、石炭工夫、病院勤務者等に種々なる疲労状態において調節近点の動揺をしらべ、健康者では精神的、或いは肉体的の疲労のいずれの場合でも近点は遠隔するといっている<sup>12)</sup>。Weber<sup>20)</sup>も事務員の眼性疲労をしらべて調節近点の軽度の後退を認めたのみであつた。また児玉<sup>47)</sup>は鑄造作業者及び熔接作業者に作業後近点の後退が非常に多くみられることを報告している。萩野<sup>41)</sup>は重近業と視機能の関係についてしらべ全身疲労に際し、近点は疲労初期には却つて前進しその後後退する。すなわち疲労の前段階では却つて機能亢進の時期が存在する。この事実は殆んどすべての視機能において証明できる点で全身の変化と視機能との関連性の研究上重大であるといっている。三木<sup>48)</sup>は実験的の近業及び肉体的の疲労につき測定を行い、軽作業により近点は変化しないか或いはむしろ近接するが(私の測定例はこれに近い)作業過重になれば近点は延長するといふ。その理由は毛様筋に対して軽近業が刺激となり、毛様筋を鼓舞する結果、近点は近接するのであり、作業を続けると毛様筋は終に疲労するために近点は延長するとしている。生井ら<sup>49)</sup>はこの説と異つた考え方をもつて次のようにいっている。即ち全身労働により疲労状態になれば毛様筋も疲労するという考え方は妥当でなく、このことは疲労の増加により注意の減退或いは混乱を起し調節中枢より毛様筋にいたる神経衝動の減弱を来し、その結果として近点は延長すると解すべきであるといっている。伊藤<sup>50)</sup>は近点は個人差が大きく実験前の作業、生活状態により同一作業量に対しても個人的に動揺あり、疲労時の自律神経系の態度は複雑であつて疲労の程度、種類、個人的差異により交感神経、副交感神経がともに緊張を示し、また共に弛緩または一方が亢奮し他方が弛緩したり、また同じ交感神経でも部位的に一部が緊張し他の一部が弛緩するというようなことが起るのではないだろうか。自律神経の支配をうける調節機能が全身疲労により作用が抑制され、毛様筋のみの疲労現象でなく自律神経の変調によると考えるとき近点の延長することもうなずけると思われるといっている。萩野も伊藤と同様のことを述べている。その他、石原<sup>51)</sup>をはじめ近点計測の文献は多数あるが結論は必ずしも一致しておらない。Berens<sup>52)</sup>らも個人によつて成績の著しく異なる点を説明できないといっている。

現在しばしば用いられている近点による疲労程度の

分類は笹川<sup>4)</sup>の分類であつて第1種の疲労では1cm内外、第2種では2cm遠隔、第3種の疲労では3cm以上の遠隔を標準にしている。

私の行つた測定のうち近点の遠隔したものは笹川の分類からみると大体第1種程度のものにすぎない。作業前後の差の平均値には何も有意性がみられず、この程度の軽作業の疲労では調節近点に変化は現われぬものとしてよいようである。

## (2) 輻輳近点

萩野<sup>12)</sup>は疲労の測定には調節近点の動揺の観察と共に輻輳作用の測定もまたかくべからざるものと述べ、これらを同時に測定自記する装置を考案している<sup>54)</sup>。

全身或いは視性の疲労時における本機能の変化は早くから注目されこれに関する文献は少なくない。Luckiesh<sup>55)</sup>らは輻輳作用が低照明条件ではことに疲労しやすいことを測定しているが初見<sup>56)57)</sup>、萩原<sup>58)</sup>、矢追<sup>59)60)</sup>、生井<sup>49)</sup>などは疲労により相対調節幅及び輻輳幅の狭小を認めた。

坂井<sup>61)</sup>は鋼球検査工について眼精疲労を調査し、輻輳作用の疲労が調節性の疲労よりはるかに多いことをみている。M. Monje<sup>62)</sup>も眼精疲労における輻輳近点の測定を重要視している。しかし江原、松下<sup>24)</sup>は不眠の視機能に及ぼす影響に関する実験では輻輳近点距離の変化は測定誤差が多くて変化の様式が決定しにくいと述べている。調節と輻輳の双方に関連した作用では大草<sup>63)</sup>は不応球面レンズ装用による眼性疲労時には深視力が悪化することをみて、そのときの現象から調節性及び筋性眼精疲労の質的相同性が実証されたとしている。これらの諸機能は眼の内外筋の働き方に影響されるものであるがこれに対する測定法はまだ充分であるとはいえないと萩野<sup>12)</sup>は述べている。

私の施行した測定では作業後輻輳近点の後退したものが大部分であつた。分散分析において作業前後の差は有意であり、疲労に対してかなり鋭敏に反応するものであるといえる。

## (3) 眼位測定法

疲労により眼位の動揺する点についての研究は少ない。

生井<sup>19)</sup>らは不眠を伴う精密機械工場の作業者または石炭坑の重労働者について眼位が動揺することを述べ、ことに近距離眼位が著明に外斜するが、これは疲労に際して調節輻輳中枢及び後頭葉視領における融合中枢ことに後者の緊張低下により輻輳力を減じ近距離において外斜の度を増すと説明している。しかし低圧実験における酸素欠乏時には却つて内斜に傾くが、こ

れは副交感神経緊張の亢進による内直筋の緊張のためであると述べている。

他に三田村<sup>20)</sup>は石炭坑労働者について、江原、松下<sup>22)</sup>は不眠実験において眼位が動揺しことに近距離眼位が著明に外斜するといひ、坂井<sup>64)</sup>は検査工について作業後外斜に傾くものが多いと報告している。しかし児玉<sup>47)</sup>は前述の近点の後退を多数にみた熔接及び鑄造作業において、眼位には認むべき変化はなかつたが外斜に傾くものが少しく多いようであつた。萩野<sup>12)</sup>は Graefe 眼筋平衡試験により測定し、maddox 法より更に鋭敏であると述べている。

私の maddox 法で行つた測定では例数が少なくではつきりした結論はあたえられないが、作業後は外斜位に傾く傾向のものが多いようである。要するに眼位は疲労状態では外斜になるものが多くその測定は疲労の判定に役立つものではないかと思われるが、その測定値の数量的な取扱いが困難なことが難点である。故にその計測方法及び変化の程度の表現法に現在よりもつと便利なものができれば、案外疲労の尺度として役立つものが得られるようになるかとも考えられる。

#### (4) 瞬目

須田<sup>64)</sup>は正常時瞬きは1分間1乃至19回、中等度疲労時は最大29、時間的間隔については周期的のようであるが明らかでなく、時間的間隔頻度は個人より異なるといつている。また朝比奈<sup>65)</sup>は読書とか光を直視するときは瞬目運動は比較的リズムカルになるとしている。

藤森<sup>66)</sup>は瞬目回数 of 疲労曲線が明瞭な傾向を示さないのは偽瞬目(即ち眼球の上下運動に伴う Schubert のいわゆる偽瞬目)が多数入るため計測の誤差が多いためである。また瞬目回数は作業面が狭く頭部の動きの少ないものには正確であるが、作業面が大で偽瞬目の混入することの多い作業では正確度は低下するとしている。またこの測定法は休憩時間中の計測では無意味である。その理由は人間の作業時間はその対称物を凝視せねばならぬので極めて速い瞬目のみを行い、ゆつくり長い瞬目は内部的の亢奮の力で抑止されるから、何らかの凝視を伴う作業をさせて計画しなければならぬといつている。

疲労との関係をみたものでは江原、松下<sup>22)</sup>は不眠時間の増加に従つて瞬き数は増し瞬目停止可能時間も不眠の時間的増加につれて規則正しく減少するといつている。しかし一方では Mc. Forland, Halway and Huruick は瞬き数は疲労の指標としては一致した結果を得ず、増加、不変、減少がみられ、瞬きは疲労の正

確な指標でないといつている<sup>12)</sup>。

私の施行した瞬目についての4種類の測定法では、1点をみつめるとき、読書時には分散分析に作業前後の差に有意性が認められるのも、藤森の作業面狭く云々という考え方を裏書していると思われる。しかしそれぞれ測定値の変動のあり方が増加であつたり、減少であつたりする点及び瞬目は意志に作用されやすい点を考えることこれを以て疲労度を知ることは困難なように考えられる。

#### (5) 瞳孔径

Lowenstein<sup>67)</sup>らによればすべて疲労は瞳孔反応に現われるという。交感神経中枢が副交感神経中枢より先に疲労するからであるとしている。瞳孔径の疲労との関係をみた研究報告をみると三田村<sup>20)</sup>は石炭坑内労働の視機能に及ぼす影響について入坑前と入坑後の値を測定したが瞳孔径には散大即ち平均 0.59mm の増大がみられたといつている。

竹村<sup>68)</sup>によると瞳孔径はその範囲は極めて小さいが日時的に大きさを變化し、早朝作業前は最小、作業が進むにつれて大きくなる。この変化は恐らく疲労に関係するように思われ、精神作業に従う男子よりも強制的労働に従う女子に著明であるといつている。

生井<sup>19)</sup>は重労働後に瞳孔径の増大を認め最大 0.6mm の増加であるといつている。同氏らは瞳孔の対光反射を起すべき光度刺激閾の増大も見出している。また、古谷<sup>14)</sup>は瞳孔散大は酸素欠乏時にもみられるといつている。しかし、児玉<sup>49)</sup>は工場作業において1日労働の前後で比較測定したところ僅かに散大の傾向があるようであるが著変はないといつている。Luckiesh<sup>6)</sup>らは事務員で4週間以上測定して15%に散大をみたといひ<sup>6)</sup>、疲労によつて瞳孔は散大する傾向があるが、著しい変化を示すものではないらしい。

萩野<sup>12)</sup>は瞳孔も眼筋運動に関係したものであつて全身及び疲労に密接に関係するようであるが測定が容易でなく、近頃高木教授考案の日記瞳孔計<sup>69)</sup>があるが自由に駆使できるようになるとこの方面の研究は急速に進むであろうといつている。

私の測定においては第1回目には変化なし3名、拡大6名、縮小1名、第2回目には変化なし4名、縮小4名、拡大2名となつており、疲労に伴つて何らかの變化を生ずるものとみられるが、測定誤差が相当大きいので測定法がもつと簡単に正確に行なえるものにならねばならない。精密な測定ができるようになれば瞳孔径も疲労の測度とし役立つようになるかと思われる。

以上視覚系, 眼筋系に測定法をわけ, それぞれの文献より考按を試みた。11種類の測定法の中で眼筋系機能を利用する代表的なものは近点の測定であり, 視覚系機能を利用する代表的なものはフリッカーテストである。

## 結 論

視器に関係ある疲労の測定法11種類を選び, 比較検討を行ったが疲労測定法としての優劣を不等記号で現わすと次の如くである。

しかしながら私の試みた実験の被検者達は軽作業者であつて全身疲労も軽度であり, また視器を極度に使う作業でもなかつたために明確な結果が得られ難かつたと思われるので, これを重労働者または視器を極度に使う作業者達で行えばもつと面白い異つた結果が出てくるものと考えられる。

- 1) 幅 輾 近 点 > 瞳 孔 径
- 2) 調 節 近 点 > 目 測
- 3) 視 力 < 眼 位
- 4) 視 力 = 暗 順 応
- 5) 電 気 閃 光 法 < 調 節 近 点
- 6) 幅 輾 近 点 > 瞬 目 数
- 7) フリッカー > 色 視 野
- 8) 目 測 < 暗 調 応
- 9) フリッカー > 眼 位
- 10) 瞬 目 数 > 瞳 孔 径
- 11) 電 気 閃 光 法 > 色 視 野

結局視覚系ではフリッカー法, 眼筋系では幅輾近点の測定が最も優位をしめるものといえる。

摘筆に臨み御懇篤なる御指導を賜つた石崎有信教授並びに三根晴雄助教に衷心より深謝するとともに, 常に御親切なる御助力を賜つた高野見一博士に謹んで感謝の意を捧げる。

## 主 要 文 献

- 1) 近藤武 : 労働安全衛生ハンドブック, 河出書房, 1952.
- 2) 崎峻義等 : 労働科学, 27, (8) (1951).
- 3) 学術研究会議疲労研究班 : 疲労判定法, 創元社, 1947.
- 4) 学術研究会議疲労研究班 : 疲労研究の共同実験, 創元社, 1951.
- 5) 日本産業衛生協会 : 疲労判定の為の機能検査法, 日本産業衛生協会出版部, 1957.
- 6) 萩野柳太郎 : 日本眼科全書, IV, 眼衛生第1冊, 金原出版, 1954.
- 7) Simonson, E. : Erg. Physiol., 37, 299 (1935).
- 8) 岡田昌三 : 臨眼, 10, 1437 (1956).
- 9) 藤邑守人 : 臨眼, 5, 520 (1951).
- 10) Weber,

- R. A. : Arch. Ophth., 43, 257 (1950).
- 11) 萩野柳太郎 : 環研年報, I, 1 (1948).
- 12) 萩野柳太郎 : 臨眼, 7, 929 (1953).
- 13) 福島敏夫 : 綜眼, 37, 1005 (1932).
- 14) 古谷太郎 : 日眼, 41, 42 (1937).
- 15) 山中郷次 : 眼臨, 46, 585 (1952).
- 16) 山中郷次 : 臨眼, 6, 448 (1952).
- 17) 生井浩 : 眼臨, 42, 320 (1946).
- 18) 今泉亀徹 : 日眼, 56, 420 (1952).
- 19) 生井浩・中野公正・大塩節雄 : 眼臨, 40, 143 (1946).
- 20) 三田村豊城 : 臨床と研究, 25, 233 (1948).
- 21) 江原勇吉・松下和夫 : 医学と生物学, 11, 112 (1947).
- 22) 石原篤子 : 環研年報, IV, 48 (1953).
- 23) Bunge, E. : Arch. Augenheilk., 110, 189 (1937).
- 24) Hendly, H. S. & Hecht, S. : J. Gen. Physiol., 29, 335 (1946).
- 25) 小谷驥次郎 : 日眼, 54, 33 (1950).
- 26) Miles, P. W. : A. J. Ophth., 33, 769 (1950).
- 27) Miles, P. W. : A. J. Ophth., 33, 1069 (1950).
- 28) Best, W. : Arch. Ophth., 152, 99 (1951).
- 29) Kurachi, Y. & Yonemura, D. : A. M. A. Arch. Ophth., 55, 371 (1956).
- 30) Simonson, E. & N. Enzer : J. Ind. & Tox., 23, 83 (1941).
- 31) 大島正光・遠藤幸之助・長谷清一・山中宏子 : 労働科学, 25, 239 (1949).
- 32) 大島正光 : 労働科学, 26, 115 (1950).
- 33) 大島正光 : 労働科学, 26, 194 (1950).
- 34) 大島正光 : 労働科学, 26, 416 (1950).
- 35) 大島正光・黒江敏治・山中宏子・遠藤幸之助・長谷清一・北郷辰夫 : 労働科学, 27, 561 (1951).
- 36) 高木健太郎・佐藤謙助・今野久治 : 日本生理誌, 14, 182 (1952).
- 37) Brezek, J. & Simonson, E. : A. J. Ophth., 35, 33 (1952).
- 38) 萩野柳太郎・鈴木昭弘 : 日眼, 60, 1 (1956).
- 39) 本川弘一・鈴木亀一郎 : 日新医学, 35, 523 (1948).
- 40) 本川弘一・岩間吉也 : 日本生理誌, 12, 111 (1949).
- 41) 萩野柳太郎 : 環研年報, II, 34 (1950).
- 42) 塚原進・江部充 : 科学, 19, 426 (1949).
- 43) 松下和夫 : 日眼紀要, 2, 108 (1951).
- 44) 阿部善助・崔東植 : 東北医誌, 45, 49 (1950).
- 45) 坂部弘之 : 労働科学, 27, 583 (1951).
- 46) 坂部弘之 : 労働科学, 27, 638 (1951).
- 47) 児玉正直 : 環研年報, IV, 89 (1953).

- 48) 三木彊 : 眼臨, 41, 181 (1947). 49) 矢追秩榮 : 日眼, 41, 石原記誌, 918 (1937).  
 生井浩・中野公正・大塩節雄 : 眼臨, 40, 102 (1946). 50) 伊藤幸男 : 環医研年報, IV, 89 (1953). 51) 石原忍 : 日眼, 23, 203 (1918). 52) Berens, C. & Sells, S. B. : A. J. Ophth., 33, 47 (1950). 53) 芥川靖次・檜崎嗣郎・井上雄文 : 体力科学, 3, 97 (1954). 54) 萩野柳太郎・鈴木昭弘 : 臨眼, 11, 204 (1957). 55) Luckiesh, M. & Moss, F. K. : A. J. Ophth., 18, 319 (1935). 56) 初見金三郎 : 日眼, 30, 577 (1925). 57) 初見金三郎 : 日眼, 31, 50 (1926). 58) 萩原朗 : 日眼, 38, 755 (1934). 59) 矢追秩榮 : 日眼, 41, 石原記誌, 918 (1937). 60) 矢追秩榮 : 日眼, 41, 石原記誌, 918 (1937). 61) 坂井平八郎 : 十全会誌, 50, 72 (1947). 62) Monje, W. : Arch. Ophth., 152, 99 (1951). 63) 大草三郎 : 眼紀, 2, 105 (1951). 64) 須田圭三 : 新潟医会誌, 61年, 406 (1947). 65) 朝比奈一男・山中みよ子 : 体力科学, 2, 188 (1953). 66) 藤森章 : 日産衛滿洲地方会報, 第4号, 36 (1942). 67) Lowenstein, O. & Lowenfield, I. E. : J. Nerv. & Ment. Dis., 115, 1 (1952). 68) 竹村慶治 : 労働科学研究, 9, 87 (1931). 69) 高木健太郎・真柄三夫 : 眼臨, 6, 862 (1951).

## Abstract

The fatigue in the ocular organ is only a part of the fatigue of the whole body, and it is well-known that there are many cases in which fatigue of the ocular organ is caused by that of the whole body as its one symptom.

More than fifty kinds of the methods of measurement have so far been mentioned. The author has selected out of them eleven kinds which seem to be most feasible, compared them with one another and tried this experiment with a view to finding a most efficient method of measurement from the standpoint of the management of labor and health.

Persons tested were 10 students of Nursing at a hospital. As they are neither heavy workers nor workers who use their ocular organs to a considerable degree, clear results may not have been obtained, but the results of comparing the degree of practicability as the method of measuring fatigue, are as follows :

1. Near point of convergence > Diameter of the pupil
2. Near point of accommodation > Eye-measurement
3. Acuteness of Vision < Phorometry
4. Acuteness of Vision = Adaptation to dark
5. Electric Flicker < Near point of accommodation
6. Near point of convergence > Times of palpebration
7. Flicker > Field of color vision
8. Eye-measurement < Adaptation to dark
9. Flicker > Phorometry
10. Times of palpebration > Diameter of the pupil
11. Electric flicker > Field of color vision

In conclusion it may be asserted that the best way of measurement is the Flicker method in the system of eyesight and the measurement of the near point of convergence in the system of eye-muscles.