種々の照度に於ける作業能率並に疲勞に就て*

(實驗的研究)

東大心理學教室 高 橋 春 藏

1. 序 言

照明と作業能率との關係に就ての研究は從來此方面に關與する多くの學者技術家によつてしばしば試みられたところである。

從來の研究についてみるに照明と作業能率を論ずる人達の觀點は大體次の3通りに大別することが出来るやうに思ふ。

(1) 視力と照度との關係より論ずるもの、(2) 視速度と照度との關係より論ずるもの、(3) 作業能率と照度との關係より論ずるもの。

視力や視速度が作業能に及ぼす影響の大なることは云ふ迄もない。従つて、視力と照度との關係又は視速度と照度との關係の究明が、種々の照度に於ける作業能率を論ずる上から考へてみると、その價值に於て決して少しとしない。併し乍ら視力と照度乃至視速度と照度との關係が、その儘作業能率と照度との關係なりや否やは甚だ疑問である。凡そ作業なるものは心理學的、生理學的に考へると可成複雑な過程構造を有するものであつて、知能、感情、意志等の心理的活動や種々の生理的現象によつて規定せられるものであつて、視力や視速度のみより凡ての作業を簡単に云々することの出来るものではない。

次に、照度と作業能率との關係に就ての實驗的研究は、從來屢々行はれた所であるが、多くは短時間の作業により、従つて作業の過程や所謂疲勞の問題に就て考案の歩を進めたものは極めて稀である。又假令長時間に亘る作業能率と照度との關係に就ての調査又は研究があつてもその多くは、作業の過程構造の考察を試みず單に一定時間内に於ける總作業能率と照度との關係をみるに過ぎなかつた。

茲に於て私は可成廣範圍の照度段階に亘り、作業等に比較的長時間細密な作業を行はせ、その時間内に於ける總作業量と照度との關係は勿論、各照度に於ける作業の過程、所謂疲勞の發生及經過の狀況を考察し、解明せんと試みた。併し乍ら本研究は、素より淺學非才なる一學徒の豫備的小實驗に過ぎない。従つて社會に於ける實際作業に對しては何等の意義をも有しないかも知れない。幸にして、先輩諸氏の心ある御教示や御指導を仰ぐことが出来たならば、誠に光榮の至りである。

尙、この實驗的研究は、東大心理學教室藤田教授、増田、千輔兩助教授、並に、東大眼科學教授室石原教授、稻葉醫學士等の懇切なる御指導によつて成つたものであり、實驗に際しては、逕信省

* On Efficiency and Fatigue in Work under Various Illumination Intensities, Psychological and Physiological Study, by H. Takahashi.

電氣試験所山内二郎氏，東京電氣株式會社照明係土居技師等より種々の便宜を與へられたものである。是等の人々に對し衷心より感謝の意を表する。

2. 實驗の目的 照明が作業能率及疲勞に及ぼす影響をみんとするのが，本實驗の目的である。之が爲に余は 1ルクスより 400ルクス迄約10段階に亘る照度の下に於て後述する抹消作業を1時間行はせ，各照度に於ける1時間の作業能率，作業前後に於ける眼調節機能の状態，作業10分毎の作業能の變化眼調節機能の變化，疲勞意識の發生とその經過等を觀，各照度に就て比較し，かくして作業能率並に所謂疲勞が照度によつて如何なる影響を受け，而も大體如何なる照度以下又は以上に於て照明の影響が著しくなるかを究明せんとするのが本實驗の主要なる目的である。

2. 照明方法に就て

照度作業能率及疲勞に及ぼす影響をみんとするには如何なる照明法をとるべきかゞ問題であるが，余は心理學的生理學的にみて，條件の比較的單一な間接照明法によつて，實驗を行つた。直接照明の場合には假令照明される作業面上の照度が一定にしても，光源の高さ角度等の位置によつて條件がむしろ複雑になるからである。

3. 實驗設備

(1) 實驗室

間接照明による實驗は東京帝國大學醫學部眼科學教室間接照明室に於て行つた。此室は縦5m 横3m 高さ3m より成り，天井及壁は全部酸化亞鉛の溶液を以て塗布し，反射率は約75%である。光源はマツダ瓦斯入電球を用ひコルニス内にとりつけ，實驗所要照度を得る場合には常に隣接せる光源間の距離を等しくするやうにした。

實驗せる照度 實驗した照度は，凡て12段階である。照度の測定は，マクベス照度計を以てし，東京電氣株式會社照明課技師土居巖井氏，東大眼科學教室稻葉六郎氏並に余の測定にかゝり，幾回も測定の後演數最大なる値を以て，その測定値と定めた。

第1表 實驗せる照度

照度は作業面中央①の水平面照度を示す。

照 度 (ルクス)	電 球	個 數	電 壓	照 度 (ルクス)	電 球	個 數	電 壓
1.18	2c.p.	2	93.8	62.00	{ 20 40	9 9	95.0
2.05	2c.p.	4	91.0	126.00	100	9	92.1
3.90	5c.p.	9	90.0	175.00	100	9	100.0
8.10	5c.p.	9	97.0	200.00	100	18	90.0
16.50	20watt	9	90.0	283.00	100	18	100.0
30.00	40	9	98.0	400.00	{ 100 250	18 1	101.0

間接照明室に於ける配光状態を示す爲に間接照明室の下記11ヶ所に於て照度を測定した結果を示せば次表の如くなる。但し、照度の測定は作業機と同高の床上 80cm に於て行つたものであり、水平面照度を示す。

(ロ) 實驗器械

調節計, Kymographion ストップウラッチ等

第3圖に示す調節計は東大眼科學教室稻葉醫學士の考案したもので、眼調節機能を觀るのが本器の目的である。

本器は長さ57cm, 幅 23cm, 高さ 40cm の大さを有し、内部にモーター及齒車を取つけ、外部に視標角膜鏡, 近點距離計測用尺度額押へ, 顎臺等を裝備したるものである。モーターは視標を動かすための裝置で齒車はこの速度を恒常ならしめるための裝置である。電壓は 100V とし、速度は 4 段階となし得る。本器を使用する場合には、被驗者を本器に向つて座せしめ、額押へ A 及顎臺 B に被驗者の額及顎をそれぞれ當てさせ、成可く自然な姿勢をとらしめるやう顎臺及座せる椅子の高さを調節せしめ、姿勢定らば、明視の近距離にある視標 C 上の文字を注視せしめる。かくして、姿勢が確固不動なるを確めて後、被驗者の兩眼の側にある角膜鏡 D に映る角膜の頂點と尺度 E の目盛 0 とを接合せしめ尺度を動かぬ様に固定する。次に使用せざる片眼の前の眼鏡枠 F 中に遮眼板を挿入し、他の被驗眼をして、視標を注視せしめる。次に視標が、最低速度を以て動く様に調整し然る後ボタン G を押して視標を眼の方へ動かし視標上の文字が眼の調節不可能となつて明視し得なくなつたら被驗者をして電鍵 H によりベルを鳴らさしめる。次に被驗者の眼の近く、眼調節不可能なる位置に視標を置きボタン I を押して視標を被驗眼より遠ざからしめる。之を數回繰返して、眼調節可能不可能の境界點なる近點を求める。かくして近點を求めたる時は、近點より 3mm だけ被驗眼より遠くの位置に視標止 J を設置し、更に視標止 J より 35cm 被驗眼より遠く第2の視標止 K を置く。

而して此 2 つの視標止間を一定の速度を以て視標を往復せしめる。

今、視標の動く速度を 毎秒 36.5 耗とする時は 1 往復約 10 秒を要する。10 秒 1 往復の割合を以て連續的に 36 回 (6 分間を要す) 行ふときは、余の調査にては、健康眼にあつては概ね 18 回乃至 20 回目に (約 3 分後) 視標上の文字は霞み明視不可能となる。而して、それ以後に於ては、明視が概して週期的に起るが、眼の調節が健全な者程不明視になる回数が少い。

是等の状態をみて、被驗眼に於ける眼調節機能の状態をみんとするものである。

Kymographion は視標上の文字が不明視になつてゐる間の時間を測定するために用ひたものである。

4. 被 驗 者

被驗者は N 及 O の 2 人にして身體強健なる男子、年齢 20 歳

被驗者 N, 視力 右 1.2

左 1.5

第 1 圖 実験室の一部

第 2 圖 稲葉眼調節計と電圧調節の抵抗器

- A 額押へ
- B 顎臺
- C 視標
- D 角膜鏡
- D' 角膜鏡
- E 尺度 (m.m の目盛あり)
- F 眼鏡枠
- G ボタン (視標を近づかしむるときに押す)
- H 電鍵 (明視, 不明視を合圖する)
- I ボタン (視標を遠ざけるとき押す)
- J 視標止 (視標が眼に近づくのを止める)
- K 視標止 (視標が眼より遠くへ運動するのを止める)

第 3 圖 稲葉式眼調節計

調節近點 右 11.7cm 左 11.7cm

眼筋平衡狀態正常 (Maddon 1m より計測左右共 0°)

被験者 O, 視力 右 1.0 左 1.2

調節近點 右 11 左 11

屈折異常なし, 眼筋平衡狀態正常 (Maddon 1m より左右共 0.1°)

5. 實驗期間

本實驗は昭和6年(1931)4月1日より同年10月10日迄に行つたものである。

6. 本實驗に於ける作業について

本實驗に於ける作業は前述したやうに抹消作業である。

抹消作業に用ひる用紙の1部を次に掲げることとした。1枚の抹消用紙には8種の圖形が200宛都合1600個印刷せられてゐる。而して各種の圖形は、1種につきこの用紙に殆んど均等に分布してあり1つの圖形が2行に10個の割合である。8種の圖形の中1つ又は2つの圖形を作業被験者に1時間無休憩で抹消せしめる。

豫備實驗の結果に於て8種の圖形に就て抹消の難易度をみたが差違は殆んど見當らなかつた。それ故此種の圖形によつて一定時間内に於ける作業能率の變化を觀察するには甚だ好都合である。

7. 作業前にとつた順應時間に就て

作業前にとる可き順應時間は各照度によつて光に對する網膜の順應時間を異にする故各照度について計測する必要がある。併し乍ら本實驗に於ては時間の都合上凡ての照度に於ける順應時間の測度は行はず從來の研究結果を參照し、作業前40分間の順應時間をとつた。(尤も本文に收録しなかつた實驗では順應時間を20分間としたもの、10分間としたもの、何等順應時間をとらぬものがある。而してそれ等による作業曲線をみると種々その形狀を異にしてゐる)。

從來の研究によると暗順應の過程をみるに、最初の2,3分間は、感光度の變化比較的少いが、間もなく急激に増加し、約30分迄は、曲線を以て示すと急激な上昇の傾向を示し30分乃至40分以後に於ては變化が比較的少くなる。明順應の過程に就てみるに、研究者によつてその説く所必しも一致してゐないが最初の2,3分内は感光度の變化著しく、それより5分乃至10分迄は漸次緩かに、それ以後に於ては感光度の變化は少い。併し乍ら、完全に順應する迄は30分乃至50分を要する。

明順應に伴ふ視力増進の過程をみるときは必ずしも斯様な長時間を必要とせず、精々3分乃至4分で充分かも知れない。

併し乍ら、作業なるものは必しも視力のみに依存するものでなく、網膜の光に對する順應、それによつて生起する感情的意志的現象によつて規定せられることを考へるとき充分な順應時間をとる必要がある。作業前に於ける順應の時間が多少長過ると思はれる位とつたのは是等の現象をも考慮したためである。

第4圖 實驗用紙

抹消姓名

年 月 日 午 前 後 時

コッカラ

眼調節機能及視力検査等を行ふ場合にまつた順應時間について

視力検査を行ふ場合の順應時間については従来多くの生理學者眼科學者等によつて研究せられた所であるが最近江口博士は明順應に伴ふ視力増進の過程を研究し發表せられた。氏の結果によれば暗順應せる眼が次の各輝度に順應して最高の視力に達する時間は次の如くである。

明順應輝度

77500ミリランバート	2分
1700 "	1分
15.9 "	32秒
1.22 "	1.7秒

余が調節機能竝に視力を検査する場合の照度は水平 126ルクス垂直62ルクス（但し調節計上の照度）である。従つて、従来の研究結果によれば、1分間にして充分であらう。併し、是等の検査迄に種々の準備を必要とすることゝ従来の明順應に關する學説を考慮して2分間の順應時間をもつた。尙實驗的根據を得るために、被験者について最低照度 1.18ルクス及最高照度 400ルクスに60分間順應せしめ、その後水平26ルクス垂直62ルクスの照度となし、2分間順應せしめ、眼調節機能及視力を檢した所、結果に於て、何等の差違を見出す事を出來ず、又、眼調節機能を検する照度に60分間順應せしめて後も全く同様であつた。

それ故、眼調節機能視力等を検する場合には2分間の順應時間で不十分な事はないであらう。

8. 實驗施行の順序

實驗は被験者1人づゝ一定時刻に行ふ。

被験者 Nは午後1時より、被験者 Oは午後3時より實驗開始より、40分前迄に次の諸項に就て調査する。

1. 全身の健康状態
2. 睡眠時間及睡眠の度（深淺）
3. 實驗開始前に行つた作業の種類及時間
4. 検眼
5. 視力
6. 眼調節近點
7. 眼調節機能
8. 作業開始前に於ける氣分

是等の諸項に就て調査し何等異常を認めなかつたときは、室内の照明を實驗所要の照度となし、40分間その照度に順應せしめる。但し此場合、被験者は作業机に面し作業面上の抹消用紙（裏面）を見てゐる。

約35分を経て、實驗者は抹消すべき圖形をカードに記して被験者に渡し、「此の圖形を絶対に護つて抹消したり、脱したりしないで、正確に速に抹消して下さい」と指示を與へる。それより約5

分後、抹消用紙を裏返させ、用意！始め！の合圖と共に、抹消作業を開始せしめる。而して作業開始後10分毎に（ストップウオッチを以て計る）實驗者は「マーク」と云ひ、その時被験者の鉛筆があつた直下の用紙に直ちに「マーク」（「又はL」）を記入せしめる。

斯くして、1時間の抹消作業終了後、直ちに、水平面照度 126 ルクス垂直面照度 62 ルクスの照度となし、被験者を、調節計に向はしめ 2 分間順應の後、眼調節機能を検し、更に視力を検す。（視力は石原式視識力表遠距離用及近距離用による）。

次で再び、作業を行つた照度に室内照度を復して、作業經過中及作業後の心身の状態を訊ね、被験者をして報告せしめる。作業を行つた照度に室内照度を復するのは、被験者をして作業過程の想起を容易ならしめるためである。

9. 實 驗 結 果

茲に收録した實驗結果は、作業者の生理的心理的條件が、次の諸項に該當する時のものである。

被験者	健康状態	實驗開始直前の氣分	睡眠時間	視力 右 左	眼調節近點 右 左	實驗前に於ける作業時間
N	異常なし	普通	自6時 至7時	1.2 1.5	11.7 11.7	4 時 間
O	異常なし	普通	自6時 至7時	1.0 1.2	11.0 11.0	2 時間以内

a. 種々の照度に於ける時間作業能率（自第3至第5表、自第1圖至第9圖参照）

作業面の照度 1.18 ルクスより 400 ルクス迄、11段階について1時間抹消作業能率をみるに、被験者 N にては、第1實驗系列に就ては 1.18 ルクスより、16.5 ルクス迄は照度の増加と共に著しく作業能率の増大することをみることが出来る。16 ルクスより 126 ルクス迄は徐々に作業能率が増大する傾向があるが、その割合は左程著しくはない。

第2實驗系列の結果に於ては第1系列に於けると略同様な傾向である。曲線の動搖は多少あるけれども全體からみて8ルクス以下に於ては照度の高くなるにつれて作業能率は著しく増大し16ルクス乃至30ルクス以上に於ては、大體照度の増加による作業能率の増加は、漸次少くなる。

第3實驗系列の結果についてみるに1.18 ルクスより126 ルクス迄は以前の系列に於ける結果と大體類似した傾向を示すが、作業能率は30ルクス位より徐々に増加して200ルクスに至つてその極點に達し283ルクスに於ては200ルクスに於けると大なる差は見られないが、400ルクスに至つてやゝ下降を示した。

第4實驗系列は、第3系列に於ける比較的高照度に於ける照度と作業能率との關係を確めるために行つた實驗であるが、第3實驗系列と殆んど全く同様な傾向を示した。

第5實驗系列に於ては、作業20分毎に眼調節機能を見るために、10分間作業を休止したのであるが、それにも拘らず全體の傾向は、前の諸實驗と餘り變らず殆んど同様な傾向を示してゐる。

全體よりみると被験者 N に於ては照度と作業能率との關係は何れの系列に於ても殆んど同様な傾

向である。

即ち、16ルクス以下の低照度に於ては、照度の増加に伴つて、作業能率は著しく増大するが、10ルクス乃至30ルクス以上126ルクス位迄は、作業能率徐々に大となり200ルクス乃至300ルクス間は作業能率は最高を示す。但し400ルクスに至るとやや低下する傾向を示した。

被験者Oに於ては、第1系列に於て1.18ルクスより400ルクス迄10段階に亘つて實驗したのであるが、30ルクス以下の低照度に於ては、照度の高くなるにつれて、作業能率も著しく大となるが、それより120ルクス迄は比較的種々に増加し、126ルクス以上に於ては大なる差違を示さない。比較的照度の8ルクスに於て例外的に能率が大きとなつてゐるが、この原因は明らかでない。

第2實驗系列に於ては、その傾向は大體前の系列と殆んど同様であつて、低照度に於ては照度の増加に伴ふ作業能率の増加は著しいが30ルクス以上126ルクス迄漸次作業の能率は増大しそれ以上に於ては餘り變化を示さない。

但し8ルクスに於ては再び例外的に作業能率の増大を來した。

要するに、被験者Oに於ては、照度と作業能率との關係をみると、30ルクス以下に於ては照度の増加に伴ふ作業能率の増加は著明であるが、30ルクスより126ルクス迄は照度の増加による作業能率の増加率は比較的小となり、126ルクス以上に於ては大差がない。

要 約

今2人の被験者について種々の照度に於ける作業能率を概観するに、30ルクス以下の低照度に於ては照度の増加に伴つて作業能率は著しく増大する。30ルクスより200ルクス位迄作業能率は照度の高くなるにつれて漸次大となるが、それ以上の照度に於ては殆んど差違をみることが出来ない。但し400ルクスになると多少低下する傾向を示すことがある。

第2表 各照度に於ける1時間作業能率

實驗系列 照度 (ルクス)	I	II	III	平均	被験者 錯 差	實驗系列 照度 (ルクス)	I	II	III	平均	被験者 錯 差
1.18	48.5	68	51.0	55.8	± 8.1	62.00	95	97.5	95.5	95.8	± 0.77
2.05	62	68	58.0	62.6	± 3.5	126.00	100	100.	100	100	± 0
3.90	72	65.5	79.0	72.1	± 7.8	200.00			107		± 0.5
8.10	82	72.5	80.0	78.1	± 3.7	283.00			106		± 0
16.50	92	93.5		91.5	± 1.6	400.00			89		± 0.5
30.00	92	105.	89.0	95.3	± 6.4						

126ルクスに於ける作業能率を100とし各照度に於ける作業能率を百分比で示す。

第3表 各照度に於ける1時間作業能率

實驗系列 照度 (ルクス)	I	II	平 均	被 験 者 錯 差	實驗系列 照度 (ルクス)	I	II	平 均	試 験 者 錯 差
1.18	37.6	49.5	43.55	± 5.95	30.00	83.5	84.0	83.75	± 0.25
2.05	46.5		46.50		62.00	92.5	95.0	93.45	± 0.95
3.90	51.5	52.5	52.00	± 0.50	126.00	100	100	100.00	± 0
8.10	86.1	87.5	86.75	± 0.75	200.00		98.	98.00	± 0
16.50	56.5	59.5	58.00	± 1.50	400.00		98.	101.00	± 3.00

第4表 各照度に於ける1時間作業能率(2人平均)

實驗系列 照度 (ルクス)	N	O	M	Mv	實驗系列 照度 (ルクス)	N	O	M	Mv
1.18	55.8	43.0	49.4	± 6.4	30.00	95.3	83.7	89.5	± 5.8
2.05	62.6	46.5	54.6	± 8.3	62.00	95.8	93.5	94.7	± 1.2
3.90	72.2	52.0	62.1	± 10.1	126.00	100	100.0	100	± 0
8.10	78.2	86.7	82.5	± 4.25	200.00	107.0	98.0	102.5	± 4.5
16.50	91.5	58.0	74.8	± 16.7	400.00	89.0	101.0	95.5	± 6.0

第2, 3及4表共126ルクスに於ける作業能率を100とし各照度に於ける作業能率を百分比で示す。

b. 種々の照度に於ける作業能率の時間的變化

種々の照度に於て作業を行ふ場合如何なる経過をとつて作業能率が變化するものなるかをみる爲に、作業開始より10分毎に、作業能率の時間的變化をみた。最初の10分間に於ける作業能率を100とし10分毎の作業能率を百分比で示し、更に之を作業曲線に描いて考察してみたい。

第5圖 被験者N(平均)の作業能率

一般に作業曲線は作業開始後所謂練習効果のために漸次上昇を來し後には所謂疲勞の影響をうけて漸次下降の傾向をとるのであるが、照度が種々異なるために作業曲線が相對的に何等かの影響をうけるであらうとの豫想の許に、各照度について作業曲線の比較をすることとしたのである。

(第6表より第13表迄 第10圖より第18圖迄参照)

被験者Oについての考察

被験者Oについてみるに、低照度に於ける程作業曲線の上昇は比較的小であつて、高照度に於ける程作業曲線の上昇は大となる。併し乍ら

126ルクス以上に於ては、再び作業曲線上昇の割合が比較的減少して来る。第1實驗系列に於ても第2實驗系列に於ても殆んど同様な事を示してゐる。

低照度に於ては、時間の経過と共に所謂疲勞の影響が著しくなり、作業にとつて好條件なる照明に比し假令練習乃至 *Gewohnung* (慣熟) の影響があつても、作業能率は差程に増加せず、むしろ低下の傾向を示すに至る。然るに照度が高くなるにつれて作業にとり照明條件良好となるに従つて、時間的経過に伴ふ作業能率は増加する傾向がみられる。

被験者 N 豫備實驗の結果についてみるに、凡ての照度に於て時間の経過と共に、所謂練習効果とも云ふべき傾向が、みられるので

あるが低照度に於ては所謂疲勞の影響をうけるのであらう、作業曲線は比較的上昇を示さない。

照度が高くなるにつれて、作業曲線は漸次上昇の傾向を示すに至る。

第6圖 被験者 O (平均) の作業能率

第7圖 被験者 2人平均の作業能率

第1實驗系列についてみるに、全體からみると照度が高くなるにつれて作業曲線は漸次上昇の傾向を示してゐる。但し極めて低照度なる 3.9 ルクス以下に於ては、時間の経過と共に作業曲は比較的上昇してゐる。

併し乍らこれは必ずしも低照度が作業に良好なるがためでなし、作業條件が不良のため最初は著しく作業に困難を來し、漸次此環境に適應するためにかゝる形式をとつたに過ぎない。作業後被験者の報告する所によると極めて低照度の場合には、非常に疲勞を來すため

作業の困難を來し、作業が餘りに困難となると却つて興奮乃至努力するに至り速に作業を行ふと云つてゐる。それ故、作業曲線が低照度に於て比較的上昇を來したとしても疲勞なしと云ふのではない。

要するに、作業過程よりみるときは、概して低照度に於ける程、作業能率が時間の経過と共に比較的低下すると云へるであらう。

而して、作業過程よりみるときは 30 ルクス乃至 60 ルクスに於て練習効果の影響がよく現れるが、更に高照度となり 200 ルクス以上になると練習効果の作業能率として現はれる程度は多少減じて来る。

第5表 各照度に於ける10分毎作業能率の變化

被験者 O (第1 實驗系列)

照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分	照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分
1.18	100	79	90	87	91	80	30.00	100	97	115	112	113	88
2.05	100	81	90	84	100	109	62.00	100	102	106	115	122	105
3.90	100	76	90	115	99	101	126.00	100	110	124	99	105	132
8.10	100	93	95	98	100	100	400.00	100	97	93	116	108	111
16.50	100	116	92	101	107	82							

第 6 表

被験者 O (第2 實驗系列)

照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分	照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分
1.18	100	86	87	86	88	82	62.00	100	108	112	120	131	121
3.90	100	92	82	97	107	95	126.00	100	100	104	92	90	98
8.10	100	111	110	108	123	104	200.00	100	100	101	103	98	99
16.50	100	100	110	134	116	105	400.00	100	110	116	116	106	119
30.00	100	109	118	127	126	106							

第 7 表

被験者 O (平 均)

照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分	照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分
1.18	100	86	87	86	88	82	30.00	100	103	117	120	120	97
2.05	100	86	88	91	102	104	62.00	100	102	109	120	128	114
3.90	100	84	88	101	103	102	126.00	100	99	101	95	89	95
8.10	100	102	103	103	112	102	200.00	100	102	101	99	104	102
16.50	100	107	104	112	113	93	400.00	100	104	105	116	107	115

第8表 各照度に於ける10分毎作業能率の變化

被験者 N (第1 實驗系列)

照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分	照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分
1.18	100	112	105	115	115	113	3.90	100	103	106	108	116	116
2.05	100	113	115	126	108	125	8.10	100	88	93	103	92	97

16.50	100	98	104	107	107	107	62.00	100	99	105	110	111	116
30.00	100	106	106	111	115	100	126.00	100	91	90	89	87	87

第 9 表

被験者 N (第2實驗系列)

照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分	照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分
1.18	100	103	105	110	111	111	16.50	100	122	86	87	101	94
2.05	100	99	100	108	119	111	30.00	100	88	88	116	98	95
3.90	100	94	59	94	90	89	62.00	100	103	97	104	118	86
8.10	100	114	104	109	114	104	126.00	100	97	103	87	115	81

第 10 表

被験者 N (第3實驗系列)

照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分	照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分
1.18	100	107	118	126	123	118	62.00	100	105	110	112	115	109
2.05	100	99	114	114	119	121	126.00	100	103	107	107	94	106
3.90	100	108	99	138	138	118	200.00	100	103	104	109	105	99
8.10	100	100	101	101	103	104	283.00	100	112	89	100	104	103
16.50	100	100	102	107	98	98	400.00	100	89	99	100	104	94
30.00	100	94	91	101	83	92							

第 11 表

被験者 N (平 均)

照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分	照 度 (ルクス)	10分	20分	30分	40分	50分	60分
1.18	100	127	109	118	116	117	16.50	100	106	99	103	104	101
2.05	100	102	106	111	112	115	30.00	100	98	100	109	102	100
3.90	100	101	91	113	114	119	62.00	100	103	106	109	114	104
8.10	100	100	100	106	108	111	126.00	100	99	100	100	96	95

第5表乃至第11表は共に最初の10分に於ける作業能率を100とし10分毎に於ける作業能率を百分比で示す。

c. 種々の照度に於ける作業中及作業後の所謂疲勞状態に就て

種々の照度に於ける作業中並に作業後に於ける疲勞の状態を、作業後に於ける被験者の報告によつて調査した結果は次のやうである。(大體被験者の眼先をその儘記述する)。

第8圖 作業能率の時間的變化(被験者Oの平均)

第9圖 作業能率の時間的變化(被験者Nの平均)

被験者 N (豫備實驗結果)

1.18ルクス, 作業開始後間もなく、頭が重苦しくなり、時間の経過すると共に後頭部に緊張壓迫の感があり、気分も重苦しくなつて來た。作業の終り近くに於ては、抹消用紙の圖形が折々霞んで見え浮動する。作業終了後は是等の状態が益々甚しくなつた。

2.05ルクス, 作業の末頃より頭が重苦しく、作業後は殊に激しくなつた。

3.9ルクス, 作業開始後20分頃より眼痛あり、瞼目すると殊更痛覺が強い、作業の中頃(30分頃)より後頭部に緊張の感と鈍重の感を伴つた。

8.1ルクス, 作業開始後約10分頃より眼底の方がチクチク痛んだが漸次意識せられなくなると、後頭部に緊張の感を覺え、頭が重苦しくなつた。作業終了後は依然としてこの状態がつづいた。折々明視の困難を來す。

16.5ルクス, 作業の終り近くに於て、抹消用紙の圖形が浮動してみえた。作業後多少疲労の意識がある。

30ルクス, 作業の終りに於て、抹消用紙の圖形が折々浮動してみえたことがあつたが、左程疲労の意識は強くない。

60ルクス, 作業中は別に異常なく、作業後に至つて多少疲労の感を覺えた。

126ルクス, 作業の終りに於て多少疲労の感があつた。

被験者 N, 第1實驗系列

1.18ルクス, 作業開始後約30分頃より、抹消用紙の圖形が、チラチラ浮動して見えた。作業の終りに於ては、後頭部の緊張を來し作業後益々強く意識せられる。

2.05ルクス, 作業開始後10分位より睡くなり暫時にして朗かな気分となる。約40分頃より再び睡くなり作業の終りに於ては、後頭部に壓迫の感と緊張の感があつた。作業後も同様である。

3.9ルクス, 作業の終りに於て後頭部に緊張壓迫の感を覺え、作業後は益々顯著となる。

8.1ルクス, 作業半ば頃流涙することがあつた。作業の終りには、頭部鈍重の感を伴ひ作業後も依然同様である。

16.5ルクス, 作業の終りに頭部に鈍重の感があつたが終了後も同じ。

30ルクス, 作業中は異常を認めないが作業後ぼんやりした気分である。

62ルクス, 作業終りに後頭部に緊張の感があつた。作業後は差程著しくはないが、頭がぼんやりしてゐる。

126ルクス、作業の終りに頭が朦朧としたが作業後も同様である。

被験者 N, 第2實驗系列

1.18ルクス、作業開始後間もなく眼瞼が重苦しく感ぜられた。又抹消用紙の圖形がチラチラ浮動したり霞んでみえたりした。作業中頃より後頭部に壓迫及緊張の感があつた。作業後は益々この状態が顯著となる。

2.05ルクス、作業を始めて後約10分頃より眼痛があり、暫く続く。作業の終りには抹消用紙の圖形がチラチラ浮動してみえ明視の困難を來すこと折々あつた。

3.9ルクス、作業後約15分頃より眼痛流涙があり、作業の終りに於ては、抹消用紙の圖形が、折々浮動してみえた。

8.1ルクス、記録缺。

16.5ルクス、作業の中以後折々眼が眩むやうな現象を経験した。

30ルクス、作業の終りに流涙あり、又眼が眩むやうなことがあつたが疲労の意識は強くない。

62ルクス、作業の中頃後頭部に緊張の感があつたが、1時恢復。作業の終りに至つて再びこの状態となる。

126ルクス、作業中には異常を認めなかつたが、作業後眼がぼんやりした。後頭部に緊張の感と壓迫の感があつた。

被験者 N, 第3實驗系列

1.18ルクス、作業を始めてより間もなく（15分頃より）眼底の方に痛覺起り、且抹消用紙の圖形が浮動してみえた。この状態は作業の経過と共に頻繁に起つた。作業後検眼の結果著しく充血す。作業後は疲労の意識著しい。

2.05ルクス、作業開始後30分頃より頭が熱い。抹消用紙の圖形がチラチラ浮動して、しばしば明視の困難を來す。

8.1ルクス、作業の終り（45分頃より）に頭が重苦しく、殊に後頭部には緊張及壓迫の感を伴ふ。

16.5ルクス、作業の終りに於て、後頭部に壓迫の感があつたが、疲労の感情は著しくない。

30ルクス、異常を認めぬ。

62ルクス、作業の終りに抹消用紙の圖形がチラチラ浮動してみえた。作業終了後後頭部重鈍の感あり緊張の感を伴ふ。

126ルクス、作業開始後約40分頃より、圖形が折々霞んで見え、頭も朦朧とした。作業後も依然同様。

200ルクス、作業の中頃より後頭部に緊張及壓迫の感があり、作業後も同様であつた。

400ルクス、作業の中頃より眩暈と類似の現象を體驗した。作業後疲労感が強い。

被験者 O に於ける疲労現象

豫備實驗より得たる結果の考察

1.18ルクス、作業開始後約30分頃より眼痛あり。抹消用紙の圖形が浮動してみえる事が屢々起つた。その頃より頭重の感があり疲労の意識が強くなつた。作業後に於て益々これらの現象は著しく

なり、剩へ後頭部に於て壓迫及緊張の感覺を訴へた、眼痛依然として存する。

3.9ルクス、作業開始後約20分頃より、倦怠を來し、疲勞の意識は強くなつたが、末梢的な疲勞現象は經驗しない。

8.1ルクス、作業開始後20分頃より眼が疲れ、角膜を中心として緊張する様な感があつた。作業の終りに於て圖形が、霞み浮動して見えることが屢々あつた。眼底部に於て多少チクチクする痛みがあつた。作業後頭が朦朧として疲勞の感が強い。

16.5ルクス、作業中頃以後に於て倦怠を覺えたが其他に異常を認めぬ。

62ルクス、異常なし。

126ルクス、作業の経過すると共に、漸次頭がぼんやりして來たが、其他に異常を認めない。但し作業後に多少前額部が緊張する感があつた。

200ルクス、作業開始後約20分頃より、抹消用紙の圖形がチラチラ浮動してみえ、作業の中頃以後は眼が疲れ作業の終りには、流涙あり、作業後に於ては疲勞の感著しい。

被験者 O, 第1實驗系列結果

1.18ルクス、作業の経過すると共に漸次疲勞の意識が強く作業末期に於て特に著しい。作業後は頭重の感加はる。

3.9ルクス、作業開始後間もなく、抹消用紙の圖形が浮動してみえ、屢々明視の困難を來す。作業の中頃以後に於て眼痛あり、後頭部に緊張の感と壓迫の感起る。作業終了後益々強烈に意識せられた。

8.1ルクス、作業開始後約20分乃至30分頃より抹消用紙の圖形が霞んでみえ浮動する。終りに於て疲勞の意識強く眼痛があつた。

16.5ルクス、作業の終りに於て抹消用紙の圖形が浮動してみえたが其他に於て異常を認めぬ。

30ルクス、作業の経過と共に漸次疲勞の意識があつたが著しくなく、其他何等異常を認めぬ。

60ルクス、作業後多少疲勞を意識した外に異常なし。

126ルクス、異常なし。

400ルクス、作業の終りに於て眼が疲勞した。

被験者 O, 第2期實驗系列

1.18ルクス、作業の中頃以後に於て、頭部鈍重の感著しく、殊に後頭部に於て緊張壓迫の感がある。作業の終りには抹消用紙の圖形浮動し假令努力しても明視の困難屢々起る。

作業後は前額痛み、額がぼんやりしてゐる。作業後兩眼充血した。

3.9ルクス、作業開始後約20分頃より眼痛を來し折々抹消用紙の圖形がチラチラ浮動して見える。作業の終りより頭痛がする。

8.1ルクス、作業開始後約20分にして、抹消用紙の圖形が、浮動してみえ、疲勞の意識も強い。作業後頭が朦朧としてゐる。

16.5ルクス、作業の中頃以後、抹消用紙の圖形が折々浮動してみえ、明視の困難を來す。

30ルクス、作業後頭がぼんやりした他異常なし。

60ルクス，同 上。

126ルクス，作業開始後20分乃至30分頃より，疲勞の意識強く流涙あり。作業の終りに於ては，抹消用紙の圖形がチラチラ浮動してみえ，明視の困難屢々起る。作業後前額部痛む。

200ルクス，作業の終りに於て，抹消用紙の印刷圖形が，浮動してみえた。

400ルクス，作業の中頃以後，抹消用紙の圖形が屢々霞んで見え，眩暈に類似した現象を體驗した。作業の終りに於て，疲勞の意識が著しい。

作業經過中及作業後に於ける疲勞現象要約

低照度に於ける程，頭重後頭部の緊張壓迫の感眼痛，明視の困難其他種々の異常を來すこと著しく，而も比較的に作業の初めより現れる傾向がある。然るに，照度が漸次高くなるにつれて，是等種々の所謂疲勞現象の生ずる時期も遅く，その程度も比較的軽い。16.5ルクス乃至120ルクスに於ては心身の異常を來すこと最も軽度である。但し200ルクス以上に於ては，多少疲勞の度が強くなる。而して疲勞した場合，時々眩暈に似た現象を來すことがある。

d. 種々の照度に於ける作業者の眼調節機能

種々の照度に於て抹消作業を1時間行ひその後於ける眼調節機能を前記の調節計によつて検査し，之を各照度に就て比較してみた。調節計によつて，近點遠點間の1定距離を1定速度を以て連續36回，視標を往復させ，その間調節不全のため視標上の文字が全然霞んで明視困難となること幾回あるかを先づ作業前に於て検査し，更に各照度に於て作業を行はせた後，同様な方法で，眼調節不全の回数をみるときは次表の如くである。

第12表 作業前後に於ける眼調節不全の回數 被験者 N

照 度 (ルクス)	第1實驗系列		第2實驗系列		第3實驗系列		平 均		
	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	比
1.18	3	8	3	13	1	8	2.33	9.66	4.15
2.05	6	9	2	8	5	9	4.33	8.66	2.00
3.90	3	9	4	9	3	9	3.33	9.00	2.70
8.10	2	7	4	7	3	8	3.00	7.33	2.44
16.50	3	6	3	5			3.00	5.5	1.83
30.00	3	6	4	5	3	7	3.33	6.00	1.80
62.00	3	6	3	4	4	7	3.33	5.33	1.60
126.00	3	5	1	5	3	9	2.33	6.33	2.72
200.00					3	9	3.00	9.00	3.00
400.00					2	10	2.00	10.00	5.00

第13表 作業前後に於ける眼調節不全の回数 被験者 O

照 度 (ルクス)	第1實驗系列		第2實驗系列		平 均		
	作業前	作業後	作業前	作業後	作業前	作業後	比
1.18	2	18	3	20	2.50	19.00	7.60
2.05	3	14			3.00	14.00	4.66
3.90	2	12			2.00	12.00	6.00
8.10	2	19	4	26	3.00	22.50	7.50
16.50	3	9	3	6	3.00	7.50	2.50
30.00	3	7	3	7	3.00	7.00	2.30
62.00	1	5	2	6	1.50	5.50	3.90
126.00	2	4	0	4	1.00	4.00	4.00
200.00			3	6	3.00	6.00	2.00
400.00	2	10	4	14	3.00	12.00	4.00

第14表 各照度に於ける作業前後の調節機能 被験者 N 及 O (平均)

(表中の數字は調節不全回数を示す)

照 度 (ルクス)	作 業 前	作 業 後	比	照 度 (ルクス)	作 業 前	作 業 後	比
1.18	2.42	14.33	5.94	30.00	3.16	6.50	2.06
2.05	3.66	11.33	3.12	62.00	2.41	5.44	2.26
3.90	2.66	10.50	3.95	126.00	1.66	5.26	3.18
8.10	3.00	14.93	4.95	200.00	3.00	7.50	2.50
16.50	3.00	6.50	2.16	400.00	2.50	12.00	4.80

第10圖 種々の照度に於ける作業後の眼調節疲勞狀態

第11圖 作業前後の眼の調節力(被験者N平均)

被験者 Nに於ける結果を見るに、一般に低照度に於ては作業後眼調節機能は著しく衰弱するが、16ルクス及30ルクス、60ルクス等の照度となると、比較的調節不全を來す回数は減ずる。而して更に、高照度なる120ルクス以上になると再び、作業後の調節機能はやゝ衰弱の傾向を示す。

第12圖 作業前後の眼の調節力 (被験者 O 平均)

第13圖 作業前後の眼の調節力 (二人平均)

被験者Oに於ても低照度に於ては作業後眼調節不全を來す回数は比較的多く、照度が高まるにつれて減少し、16ルクス乃至62ルクスに於ては比較的眼調節機能の衰弱は少くなる。併し更に高照度となり 120ルクス以上となると再び眼調節機能はやゝ衰弱を來し照度の増加と共に衰弱の程度が著しくなる傾向がみられる。

要するに、何れの被験者に於ても、低照度に於ける作業の後は眼調節機能の衰弱が比較的著しく、照度の増加するに従つて、衰弱の度は軽くなる。即ち16ルクス乃至60ルクスに於ては、眼調節機能は、衰弱を來すこと最も少く、更に高照度となり、126ルクス乃至200ルクス以上に於ては再び漸次眼調節機能の衰弱を來し、400ルクスに至つては更にこの傾向が著しくなる。

c. 種々の照度に於ける作業時間と眼調節機能

種々の照度に於て1時間の抹消作業を行はしめ、その途中20分毎に眼調節機能を検査し、照度と作業時間とが如何に眼調節機能の上に影響を及ぼすものなるかをみた。

前述連續36回視標往復中眼調節不全を來したる回数を示せば次の如くなる。(第15表)

第15表 各照度に於ける作業20分毎にみたる調節不全の回数 被験者 N

照度 (ルクス)	作業前	20分後	40分後	60分後	照度 (ルクス)	作業前	20分後	40分後	60分後
1.18	2	5	8	13	16.50	4	6	8	4
2.05	6	7	8	11	30.00	3	5	5	5
3.90	3	7	8	9	62.00	2	5	6	8
8.10	4	8	8	8	126.00	4	3	5	6

第16表 各照度に於ける作業後20分毎にみたる調節不全の回数 (被験者O)

照 度 (ルクス)	作業前	20分後	40分後	60分後	照 度 (ルクス)	作業前	20分後	40分後	50分後
1.18	3	7	7	11	62.00	1	2	4	8
2.05	2	3	6	9	126.00	1	3	7	6
3.90	2	5	5	5	175.00	1	4	6	8
8.10	4	8	8	6	200.00	3	6	9	9
16.50	5	6	7	8	283.00	2	8	12	17
30.00	1	5	6	8	400.00	6	6	9	17

今、視標の文字が眼調節不全のために明視不可能なる時間 (Duration-Time) を James Jacke の Chronoscope, Kymographion 等を使用して測定した結果を示せば次表のやうである。

第17表 眼調節不全繼續時間 (被験者O)

照 度 (ルクス)	作 業 前		20 分 後		40 分 後		60 分 後	
	M	Mu	M	Mu	M	Mu	M	Mu
1.18	4.0	± 1.3	3.8	± 0.7	4.1	± 0.9	4.5	± 2.5
2.05	4.0	± 1.0	5.3	± 1.1	4.5	± 1.0	4.1	± 1.7
3.90	2.5	± 1.0	4.8	± 1.0	4.7	± 1.2	5.6	± 0.5
16.50	3.9	± 0.9	5.0	± 0.6	5.0	± 0.6	5.2	± 1.5
30.00	5.0	± 0	5.0	± 0.8	5.1	± 0.8	4.1	± 1.3
62.00	2.0	± 0	4.6	± 1.1	6.0	± 1.0	5.4	± 0.7
126.00	4.0	± 0	5.0	± 1.1	5.5	± 0.6	5.5	± 1.2
175.00	5.0	± 0	6.0	± 1.5	5.3	± 1.0	6.4	± 1.4
200.00	6.1	± 1.5	6.0	± 1.3	6.6	± 1.8	5.9	± 1.7
283.00	6.5	± 2.5	5.5	± 1.6	6.6	± 1.7	6.9	± 1.8
400.00	4.0	± 1.7	7.7	± 1.5	6.7	± 1.4	7.2	± 1.5

表中の数字は1回平均の調節不全繼續時間を示す。単位は $\frac{1}{5}$ 秒。

第18表 眼調節不全繼續時間 (被験者N)

照 度 (ルクス)	作 業 前		20 分 後		40 分 後		60 分 後	
	M	Mu	M	Mu	M	Mu	M	Mu
1.18	1.0	± 0	2.5	± 1.2	1.6	± 0.7	1.4	± 1.1
2.05	1.8	± 0.6	1.7	± 0.4	1.6	± 0.8	2.0	± 0.5
3.90	2.0	± 0.6	2.4	± 0.6	1.6	± 1.2	3.5	± 1.4
8.10	1.8	± 0.6	3.0	± 0.5	2.4	± 0.5	2.6	± 0.7

16.50	2.0	± 0.5	2.3	± 0.7	3.3	± 0.6	2.7	± 0.7
30.00	1.2	± 0.2	1.4	± 0.5	缺	缺	2.3	± 0.4
62.00	2.0	± 0.5	缺	缺	1.9	± 0.3	2.3	± 0.6
126.00	3.5	± 0.6	2.2	± 0.6	缺	缺	1.8	± 0.2

第16表でみられるやうに、作業時間が長くなるにつれて、低照度及高照度に於ける眼調節不全の回数は増加する。

換言すれば、作業時間が長ければ長い程、照明の影響が大きい。(第17表及第18表の眼調節不全による明視不能繼續時間よりは未だ照明の影響を明に看取することが出来ないが、参考のため附加した)。

10. 總 括

1. 間接照明法によつて、1.18ルクスより400ルクス迄凡てで12段階の照度に亘り1時間連續抹消作業の能率をみたるに、照度を増加する事によつて作業能率は増大する。此割合は低照度に於ける程大である。
2. 1.18ルクスより16ルクス乃至30ルクス迄は照度の増加に伴つて作業能率は比較的急激に増大するが、16ルクス乃至30ルクスより120ルクス迄は比較的徐々に増加する。126ルクス以上は照度が増加しても作業能率の増加は餘り見られない。併し、400ルクスに於ては作業能率が多少低下することがある。
3. 作業過程を能率の變化よりみるときは、概して低照度に於ける程時間の経過すると共に作業能の低下するをみる。但し、作業者の性格、心構によつて、極めて低い照度に於て却つて作業の終りに於て、能率の増加を來すことがある。

200ルクス以上の高照度に於ても作業の経過と共に概して作業能は60ルクス位の照度に比し低下の傾向を示すことがある。

作業の経過と共に能率の増加が最も著しくなるのは、16ルクス乃至60ルクスである。

4. 作業過程及作業後に於ける疲勞の状態をみるに、8ルクス以下に於ては頭痛眼痛明視困難其他の疲勞甚しく、それ以上の照度に於ては、疲勞が比較的輕度である。

併し、200ルクス以上殊に400ルクス以上の照度に於ては疲勞を訴る傾向が漸次顯著となる。

5. 作業後に於ける眼調節機能の状態を各照度に就て比較したるに、8ルクス以下の低照度に於ては、照度の低下するに従ひ、眼調節機能の衰弱は著しい。16ルクス乃至126ルクスに於ては、眼調節機能の衰弱比較的輕度であり、200ルクス以上殊に400ルクス以上の照度に於ては、再び調節機能の衰弱が漸次顯著となる傾向がみられる。
6. 各照度に於ける1時間抹消作業の過程に於て、眼調節機能が如何に變化して行くかをみるために20分毎に眼調節機能を検したところ、作業の時間が長ければ長い程、照度の影響が大となる傾向を認めた。
7. 照明の作業能率並に疲勞に及ぼす影響は8ルクス以下に於て最も著しい。