

# 各種照度下における発達の観点からみた 児童の作業能率および疲労について

茨城大学教育学部 内 山 源

## I 緒 言

照度至適条件の究明を目的として、照明条件と作業能率および疲労に関する研究は、かなり古くからなされ、数多くの研究報告がある。

たとえば、ドイツでは眼科医で学校医でもあった H. Cohn<sup>①</sup> が新聞の可読性と照度との関係を実験追究し、必要な最小限度の明るさを10燭光とした。N. Goldstern u. E. Putnoky<sup>②</sup> は織布作業において、算糸速度と照度との関係について追求している。

アメリカにおいては C. E. Ferree & G. Rand 夫妻<sup>③</sup> や M. Luckiesh<sup>④</sup> らの生産能率におよぼす照明の研究があり、その他、数多くの報告がある。

最近のものでは 1958年に H. R. Blackwell<sup>⑤</sup> によって発表された照度と見え方に関する実験結果に基づいた推奨照度の研究がある。

イギリスでは、H. C. Weston<sup>⑥</sup> らの工場における長期にわたる堅実な調査や実験研究がみられる。

日本では、水川氏<sup>⑦</sup> が読書、筆記、手縫運針、ミシン運針、珠算、検温について直接照明および間接照明で実験し、高橋氏は抹消作業を行わしめ、作業量、作業前後における視知覚作業過程、調節疲労等を測定しており、また矢追氏は抹消作業前後の両眼の輻輳状態をしらべ、照度と疲労の関係を追求している。<sup>⑧</sup><sup>⑨</sup>

新しいものでは、川畑氏の中学生について行なった読書作業における主観的推奨照度の<sup>⑩</sup>実験、上野氏の抹消作業による作業能率と照度との関係追究、松井氏の調節時間測定による照度と疲労の研究がある。<sup>⑪</sup><sup>⑫</sup>

これらの場合、照度至適条件は、作業能率が最大であり——能率的最適条件、また、疲労度が最小、つまり生理学的には消費エネルギーが最小であり、生徒の各種生理機能の低下が最小で、自覚的症状においても疲労感が最小の状態をもって至適な環境・照度条件として<sup>⑬</sup>している。(図1参照)しかし、実験時間という時間的要素はこれらの場合、実験実施上の困難度が高くなるため、短いものは10分間程度の短時間、長いものでも60分間の負荷視<sup>⑭</sup>

作業で追求されているものが多く、長期的発達の観点で究明されているものは、その報告をみない。

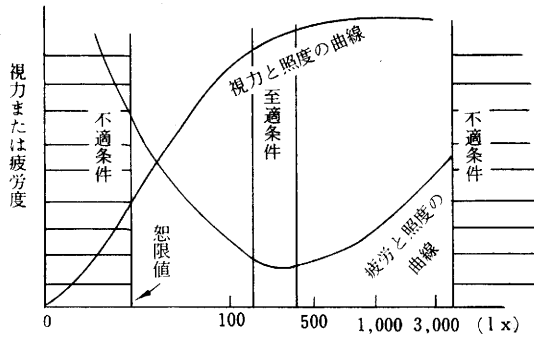


図1 照度と視力および疲労との関係

さらに、被験者についてみると、その多くが成人を対象としており、児童を被験者として繰返し実験をもって追求されているものは極めて少ないようである。

至適条件を追求する場合、多くの生理学的、心理学的研究結果から明らかなごとく、そこには児童対象と成人対象の間には心身機能の発達の差異がみられる。本実験視認作業においても作業能率及び疲労の面で何らかの発達の差異は容易に推察できる。従って発達の観点での追究は当然必要となる。

そのようなことで筆者は昭和37年に小学校3年児童を被験者として好適照度条件を追究し、100~1000 lx の値を得た。その際、照度水準に対応する作業能率等の面で成人のそれと著明な差異をみた。<sup>(28)</sup>

本研究においては、その時の被験者を再度用いて5年生時に実験測定を行い、児童に対する「好適な照度条件」を発達の観点で追求することにした。

また至適条件を追求する場合、得られた条件は、1つには一定の短時間における全力的作業という時間的な限界、つまり発達の観点に立つ長期的な予測性を内包した至適条件ではないこと、2つには統制実験条件下にあり、平常状態における人体の生理、心理的状态からの隔りをもつこと、3つには実験上統制された照度条件と現実の変動する環境・照度条件や生徒側の視活動に伴って変動する照度条件との間には、かなりの隔りがあるという限界をもつことから、従来、実験室的に得られた狭範囲の至適条件の多くは、子どもらの学習活動の場に相応する実際的な条件があるとしたら、必ずしも一致していないことが理解できる。

その他、至適条件としての基準値は信頼性客観性、妥当性の面で充分の保証があろうとも適応性の面での配慮も必要となろう。

基準値設定に当たっては、あくまでも条件統制による厳密な測定認識を必要とするが、得られた成績は、厳密な狭範囲のものとしてではなく、小児から成人までの広範囲の適応性の高い基準値が望ましいと考える。そのためには、準怒限值なり、怒限值なりの設定によって、実際の基準値の設定が可能となる。本研究においては、至適条件の追究というよりも、むしろ各種測定の総合的判定による好適な照度条件を究明し怒限值についても検討した。

## Ⅱ 実験方法

### 1 実験対象

実験対象は児童男女各1名とし、同一被験者をもって、小学3年生時と小学5年生時の2期に実験測定を行った。これらは次表に示す通り、知能テスト、学業成績、性格、視力等がほぼ同一なるものの中から選んだ(表1)

表1 被 験 者

被 験 者	To 男児		Fu 女児	
	左	右	左	右
視 力				
3年時測定	1.2	1.2	1.2	1.2
5年時測定	1.2	1.2	1.2	1.2
知能テスト偏差値				
新田中B式				
昭和35年5月		60		47
昭和37年5月		49		38
昭和39年7月		51		43
学力テスト偏差値				
昭和36年5月		57		50
昭和37年5月		56		51
学業成績担任評価		上 の 下		中
内田クレペリンテスト		Cs		Cs
性格に対する担任評価		きわめて従順		きわめて従順

### 2 実験装置

実験室は縦2.9m、横2.9m、高さ3.0mの大きさの暗室とし、できるだけ外界騒音を遮断し、室内の気温、気流についてもファンを用いて被験者の作業活動および心身の状態の安定に有利ならしめた。作業機の大きさは47×76 (cm)、でリフレクターランプ(岩崎電気製、屋内用、集光型、RS100V-200W)を図1に示すごとく装置し、直接照明によって実験した。本実験における照度調整はスライダックを用い、電圧変化により紙面上の照

度を2lxから3000lxに至る9照度段階について調整した。

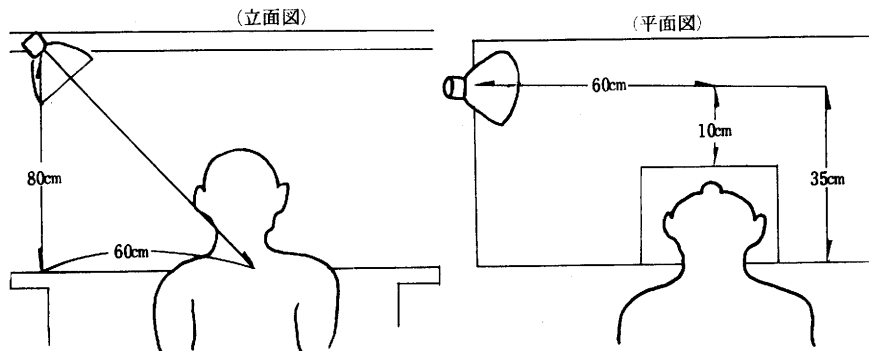


図1 照明位置と作業机

紙面上の照度は、集光位置が抹消テスト用紙の上部中央にくるようにし、机下に東芝5号照度計を置いて測定した。

照度条件は、2, 4, 8, 32, 64, 130, 500, 1000, 3000lxの9段階とした。

なお作業中は、被験者の姿勢や位置による影響が照度条件を変えぬように留意した。

### 3 実験内容

(1) 作業能率については、労研式アメフリ抹消テスト（反射率70%）を負荷視作業とし抹消字総数、誤謬率、時間的経過における作業量比率および照度に対する被験者の主観的評価を測定調査した。

(2) 疲労度については、フリッカー値（但し第1期測定のみ）触2点弁別閾値、脈拍数（但し第2期測定のみ）自覚的症狀、作業状態の観察および時間的経過における作業量比率の類型等を調査した。

### 4 実験要領

(1) 第1期実験は昭和37年4月上旬～中旬および7月下旬～9月下旬に至る3ヶ月間にわたって38回の繰返し実験を行なった。第2期実験は昭和39年7月上旬～9月上旬の2ヶ月間に29回の実験を行なった。第1期実験の4月は主として負荷視作業の練習にあて、練習効果による影響を少なくするように留意した。従ってこの期間の測定成績は、本研究における考察の対象には含まれていない。

実験時刻は午後4時～6時半の間に定め、雨天および台風等による気温、気湿、風速等に著しい変化のある場合、および被験者の外傷、疾病、疲労等による心身の状態に異常を認めた場合は実験を中止した。作業時の平均室温は28.4℃、湿度73.4%。

実験開始10分前から被験者に安静坐位を保たしめ、その後、各種測定を行なった。実験が暗順応、明順応を必要とする場合はそれぞれ約20分間、および3分間紙面照度に順応させた。

(2)の抹消作業量は作業時間40分間に視認し抹消した文字の総量をもって表わした。

$$\textcircled{2} \text{ 誤謬率} = \frac{\text{誤謬量}}{\text{作業量}} \times 10,000 \times \text{補正係数}$$

$$\text{誤謬量} = \text{誤字数} + \text{脱字数}$$

$$\textcircled{3} \text{ フリッカー変動率} = \frac{\text{作業後値} - \text{作業前値}}{\text{作業前値}} \times 100$$

被験者のフリッカー基準値は38日間の作業前値の平均値

$$\textcircled{4} \text{ 触2点弁別閾値拡大率} = \frac{\text{作業後値} - \text{作業前値}}{\text{作業前値}} \times 100$$

⑤測定計数は実験計画法・分散分析によって推計学的処理を行なった。

### Ⅲ 実験成績ならびに考察

#### 1 照度と作業能率

##### (1) 照度と作業量

図2は、照度水準2～3,000lxの各照度段階における40分間の抹消総字数を表わしたも

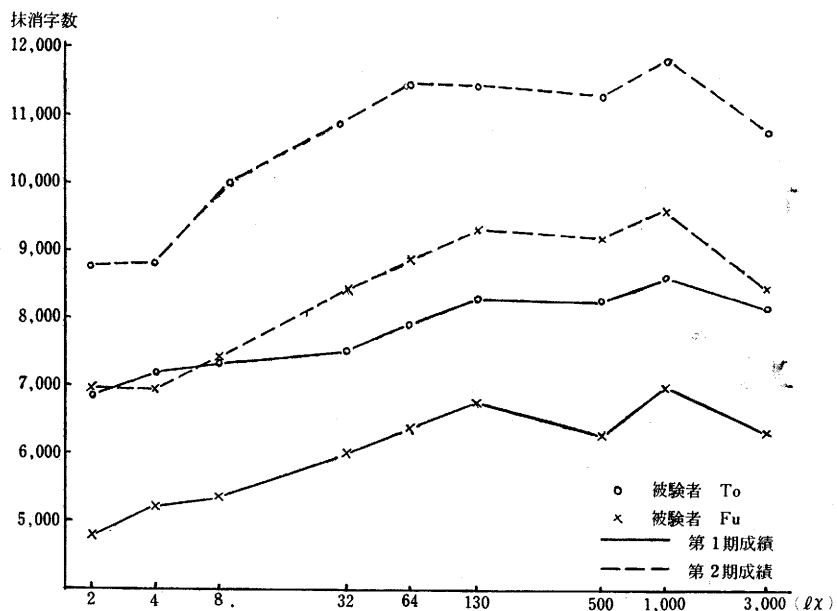


図2 照度と作業量第1第2期成績の比較

ので実線は第1期実験成績の平均値を、破線は第2期実験成績の平均値を示している。

まず第1期実験成績についてみると、両被験者において2~130lxまでは概して照度の増加と共に作業量は直線的な増加傾向を示した。この照度と作業量の関係は上記の照度範囲内で次のごとく示される。図3参照

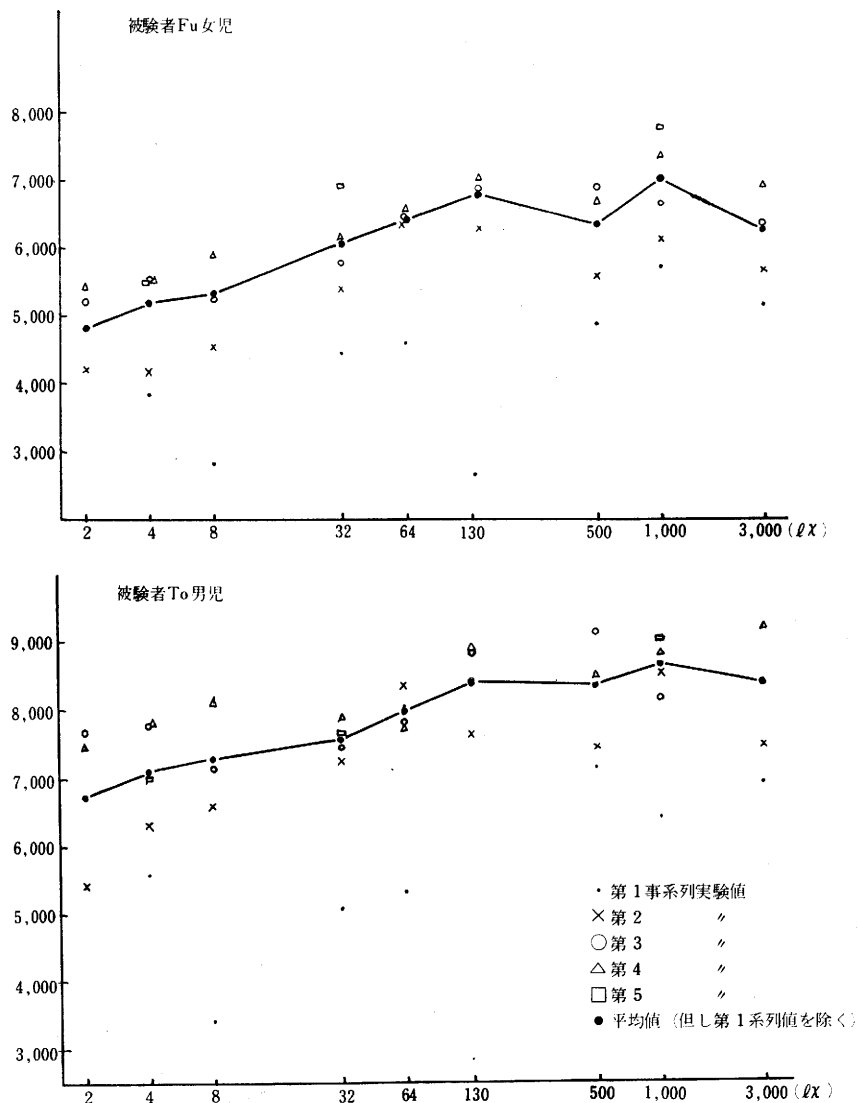


図3 照度と作業量第1期実験成績

$$\text{作業量 Out put} = A \log E + b$$

但し E: 照度 a, b: 常数

被験者 To: a=580 b=6,777

被験者  $Fu a = 610 \quad b = 4,659$

しかし、この傾向は上記の範囲内に限定され、その他の照度条件では、このように増加傾向はみられなかった。すなわち  $130 \sim 3000lx$  の間では、ほぼ一定の作業量を示し、さらに  $3,000lx$  の高照度においては若干の減少傾向さえみられた。高橋氏は  $1 \sim 2,420lx$  に至る約20段階の照度下で19および21才の男子2名を被験者として、抹消作業をなさしめ、 $30lx$  以下の照度においては作業量の低下が著しく、 $120lx$  以上ではほとんど定常状態が保たれ  $2,000lx$  以上の高照度においては、むしろ低下の傾向が現われたとしている。水川氏は18才から20才までの女子を被験者とし、直接照明で10分間、読書筆記作業を行ない、 $5 \sim 250lx$  までは直線的増加傾向をし、 $1,000lx$  まで増加なく、 $2,000lx$  で僅かに減少するとしている。同様に、高照度で作業能率の上昇傾向が停滞することは、Brozek も照度の上昇とともに作業能率は上昇し、 $1,000lx$  で最大となり、 $5,000lx$  で再び低下が大きいとしてそのことを認めている。<sup>⑮</sup>

高照度において疲労発生が増大し、作業能力が停滞する原因についての説明は、視機能と照度、たとえば視力と照度との関係が高照度ほど良好な視力を示す（この事実が moon & spencer の照明理論に織りこまれている）という多数の研究結果と矛盾する中で行なわれているが、蒲山氏が「照明の質が高照度で低下しやすいことが考えられる。つまり視作業を対象とする実験では、自由な眼球運動を許すために、比較的広範囲の照明条件が質的に要求される」と述べているように高照度における照明の質的低下が原因の1つと考えられる。本実験の場合、暗室内直接照明による実験であるため類似条件での大塚氏の照度と視力に関する研究も参考になる。それによると「 $1,000lx$  で約1.5の最高視力を得、 $1,000lx$  以上の照度では視力の増加はなく、招端な低下はないが1.3, 1.2と視力は低下する。」しかし、これとて、この程度の視力低下が作業能率低下に関する最大原因として作用しているとは考えられない。従って、負荷視作業の場合、作業量に影響する因子は視覚的因子・視機能にのみ限定されずその他心理的因子、中枢神経的知覚的因子、筋肉的因子・筋疲労・筋持久性等の各種因子が相乗的に作用したものととして考察されるべきものと思う。<sup>⑯</sup>

次に、第2期実験成績について比較検討すると、第1期のそれが、両被験ともほぼ  $2lx$  から  $130lx$  まで直線的な増加傾向を示したのに対し、第2期の成績では、 $4, 8, 32, 64lx$  間で急勾配をなした作業量の増加がみられる。また、第1期実験成績では、 $130lx$  から  $1,000lx$  まで僅かに作業量が上昇し、 $3,000lx$  において若干の減少傾向をみたが第2期のそれでも、これとほぼ同様な傾向を示した。ただ高照度  $3,000lx$  における作業量減少は著明な差異であった。

このように、学年が進み作業量が  $4, 8, 32, 64lx$  間で急上昇し  $32, 64lx$  値が  $130lx$

値とはほぼ同値をとる傾向は、高橋、水川氏の成人対象の成績とかなり接近している。図4に示すごとく、4成績間の相違は、130lx作業量を基準値100とすると、第1期実験成績においては、4, 8, 32, 64lxの値は高橋、水川氏の成績に対してかなり低率であり、勾配も比較的小さい。すなわち、前2者が30lxにおいてほぼ100%に達している。また、低照度2lxにおける値も本成績の方が約10%の高率を示している。

第2期実験成績についてみると4~62lx間の勾配は前2者のそれとかなり接近し、32lxで(92.8%)の高率を示した。また低照度2lxにおける値をみると作業量ではTo 965, Fu 2137の増量をみたが比率の面では、第1期の約80%に比して、第2期の成績は76%で約4%の低下をみた。

第1期実験成績と第2期実験成績との差異および第2期実験成績の前2者成績への接近については、第2期における反復実験が、負荷視作業内容も、照明方法も同一であり、その他の実験条件もほぼ統制され、第1期における実験条件をほぼ再現しているとするなら暗順応、視認作業に伴う視機能、精神的機能筆記運動に関する手指の筋的持久性等の発達が関連づけられるが、詳細は今後の研究にまきたい。

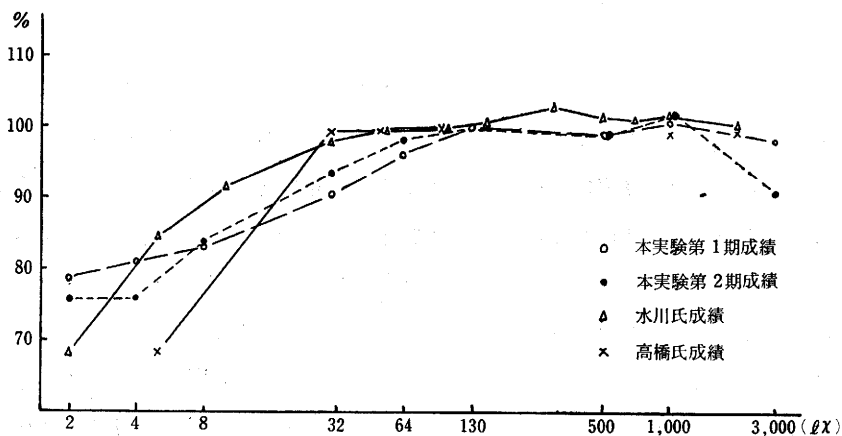


図4 照度と作業能率

## (2) 照度と作業量の逐次的変化

それぞれの照度水準の最初の10分間の値を100とし、その後の各10分間の値の百分比を算出して図示したものが図5-1, 5-2である。

全体を通じてみると作業の経過にともなう能率低下が一樣に、明瞭にみとめられ、これは被験者が全力的な態度で作業を行ったことを示していると思われる。

各照度水準の作業量の逐次的変化をみると凡そ以下の3つのパターンに区別される。

パターンA, 0~10分に比し、10~20分で10%以上の能率低下を示し、20~30分以後さ



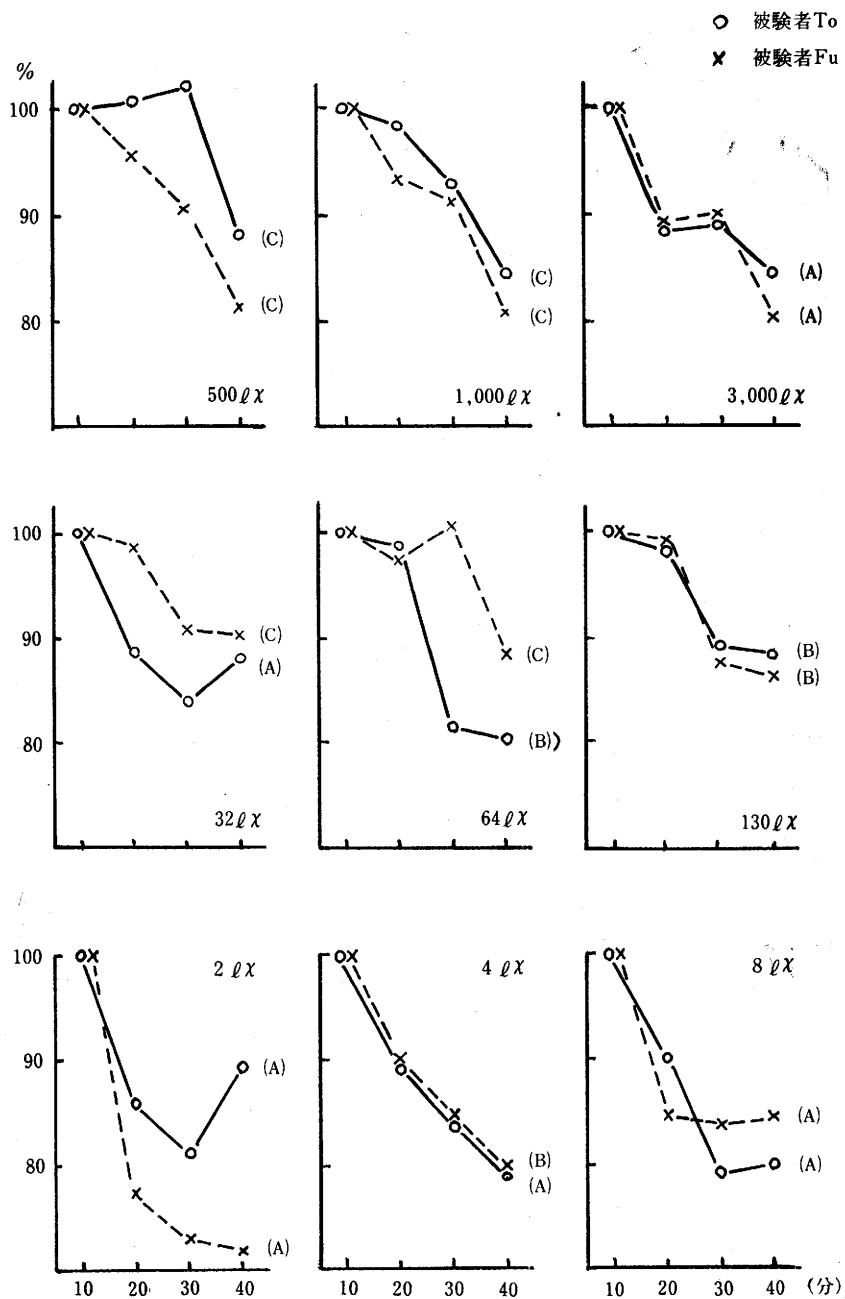


図5-1 照度と逐次的にみた作業量の比率 ( ) 内はパターンを示す第1期実験成績

らに低下している型。

パターンB, 0~10分に比し, 10~20分で10%以内の能率低下を示し, 20~30分で10~

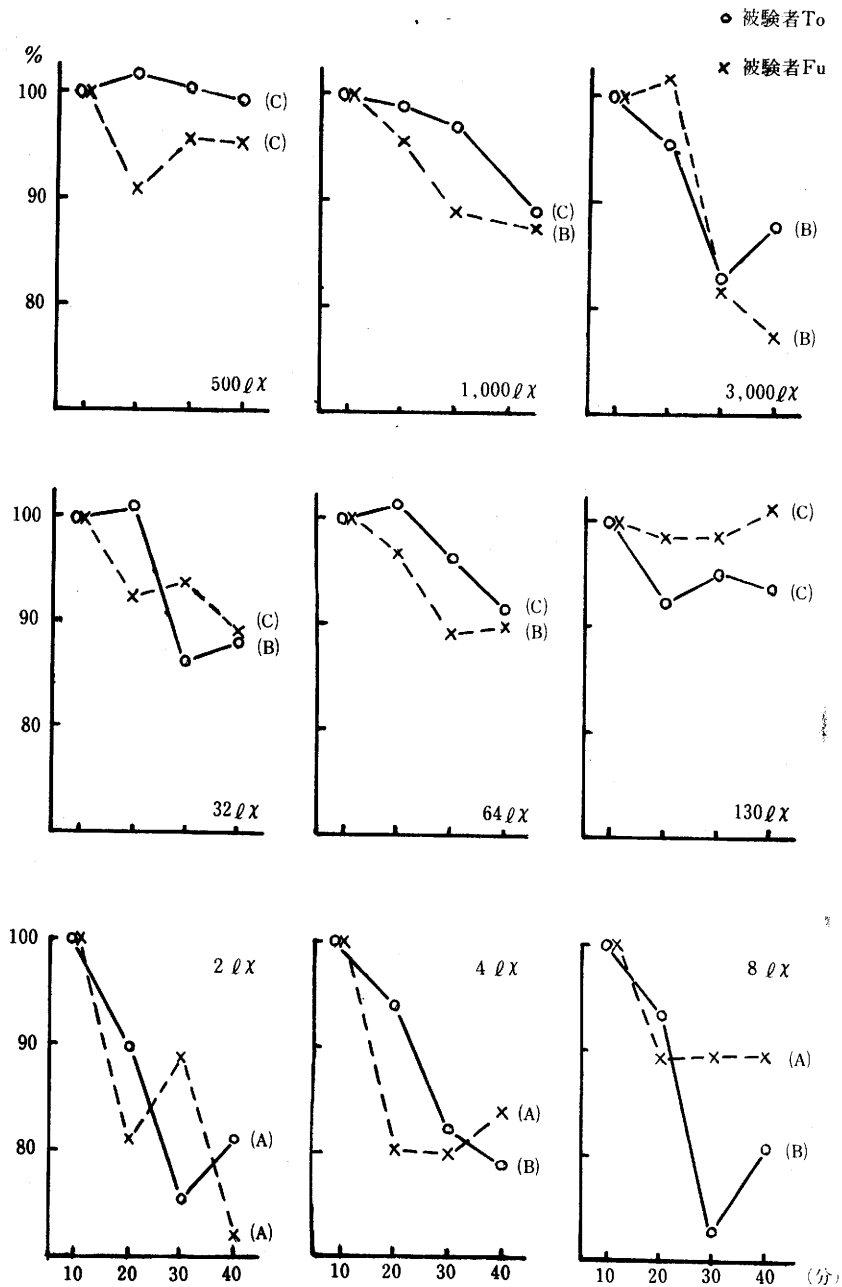


図5-2 態度と逐次的にみた作業量の比率 ( ) 内はパターンを示す第2期実験成績

20%以内の能率低下を示す型。

パターンC, 0~10分に比し, 10~20分および20~30分で10%以内の能率低下を示す型

および10～20分で能率低下を示さず、20～30分で10%以内の能率低下を示す型。

両期の実験成績を比較すると若干の個人差もみられるが、パターンについては低照度においても高照度においても大差はない。第2期実験における To の成績は 32lx 以上の照度水準で20分値がかなり高率を示している。

また、上述のごとき照度水準間の差は0～10分と10～20分の作業量にあらわれていると思われるので、0～10分を100とした10～20分間における作業量の百分比と照度との関係を見ると図6のごとくなる。すなわち0～10分と10～20分の10分間の作業量の率の差は、照度水準によっても変化し、10～20分めに急激な減少を示すものと示さないもの、逆に増加を示すものがある。

まず、第1期実験成績についてみると、概して64～500lxの間では減少傾向が著明である。第2期実験成績と比較すると8, 32lxの辺りで第2期の成績がかなり高率を示し、第1期成績に対し、低照度でもかなり減少度が少くなっている。また高照度3,000lxにおいても、かなり高率を示し著明な差異がみられる。また、各照度水準における個人差に大きい。

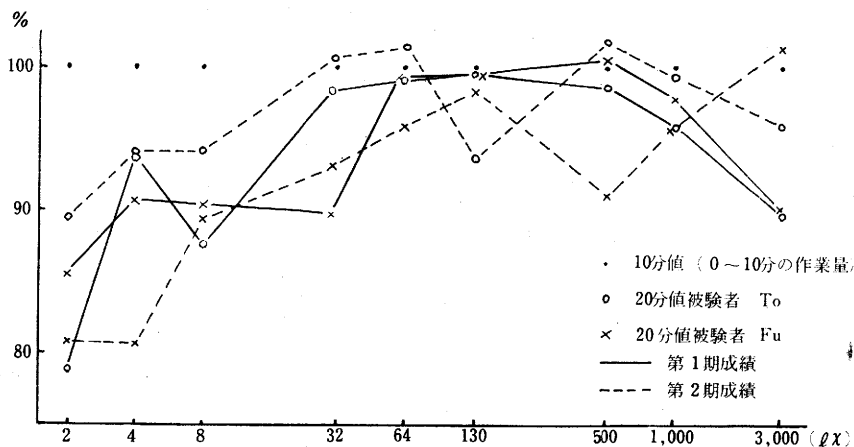


図6 照度と逐次的にみた作業量の比率 ただし10分値を100とする

### (3) 照度と誤謬率

図7に示すごとく、誤謬率については、第1期実験成績と第2期のそれとの間には、各照度水準においてかなり著しい差異がみられる。すなわち、第1期実験成績においては若干の個人差も認められるが低照度2, 4lxで高い誤謬率を示し、8lxから1000lxの間に低率を示す傾向がみられた。高照度においては僅かではあるが誤謬率上昇の傾向がみられ殊にToにおいて著明であった。

しかし、第2期実験成績においては、低照度で高い誤謬率を示す傾向は幾分減少して、

低率化し、8lx から1000lxの間では、ほとんど変化もなく水平的に移行し、個人差も少ない高照度、3000lxにおいては第1期成績と同様な傾向がみられた。

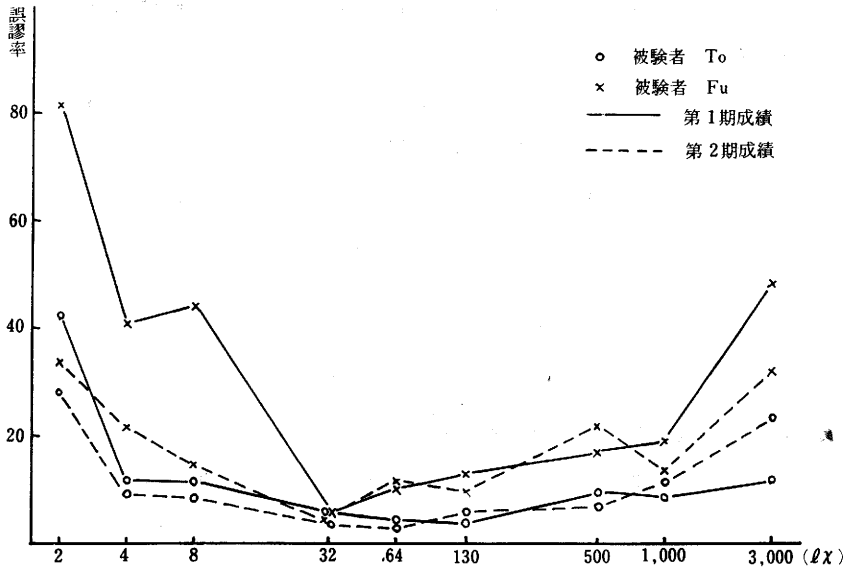


図7 照度と誤謬率

#### (4) 小 括

高橋、水川氏等の実験成績も参照しつつ、本実験成績を検討すると、作業能率からみた好適照度は第1期においては100lx以上の辺りにあるように思われる。

しかし、この種の負荷視作業における好適照度の上限については、本実験の成績では従来の基準値をかなり上まわるところに上限があると思われる。

第2期実験成績からは好適照度の下限は100lxより下った60lx辺りにあるような成績を示した。好適照度の上限については第1期成績とほとんど変わらず、従来の基準値を上まわる1000lx辺りにあるように思われる。

以上の成績については、すべて照度水準間に有意差( $F_{0 \geq F}(\phi_1 \phi_2; \alpha=0.05, 0.01)$ )を認めた。但し分散分析表は略す。

## 2. 照度と疲労

疲労という用語は古くから日常生活面でも使用され、きわめて曖昧な漠然とした概念で表現されていることが少なくない。

研究者の疲労の定義や規定についてみても人によって相当のひらきがみられる。これまで<sup>⑭</sup>疲労を科学的、客観的に理解し追求しようとする努力が続行されているにも拘らず今日でも疲労の本体についての理論的根拠は全く不明であると言われている。<sup>⑮⑯</sup>

このような疲労研究の現状において、疲労度を判定するための多くの方法が提案され、実用化されているが、身体の特定の生理的機能低下を目安として、身体の疲労の程度を判定することは殆んど困難とされている。殊に筋肉疲労は別として、軽度の精神、神経疲労を判定対象とする場合、身体の諸生理的機能の一部の低下と関連づけることは難しい。猪飼教授は「疲労とは作業能力の低下の状態を言うものである」としている。<sup>②①</sup>

今日、一般に容認されているところでは、疲労は主観的には疲労感として、客観的には作業による出来高の量的、質的低下すなわち作業能率の低下および生理的機能の低下を指標として把握されている。本実験においてもこの3点より総合的に検討することにした。<sup>②①</sup>

#### (1) 生理的機能の低下

##### ① 各種照度下作業とフリッカー値

フリッカー値による疲労の判定は、次に述べるごとく第1期実験において行った結果、かかる視認作業の実験においては、さして有効でないことが判明したので、第2期実験測定においてはフリッカー測定を除外してある。すでに、この Flicker Fusion Frequency と眼の疲労との関連については視機能の変動把握が比較的困難であることも加わって問題が残ると言われている。<sup>②②</sup>

第1期実験における各種照度下作業とフリッカー値との関係は次の通りである。図8

両被験において(+)の変動率を示すものはおよそ2, 4, 3,000lx である。最小値は2lxで約(-)10%を示した。一般に用いられている疲労判定基準に従うとおよそ, 2lx

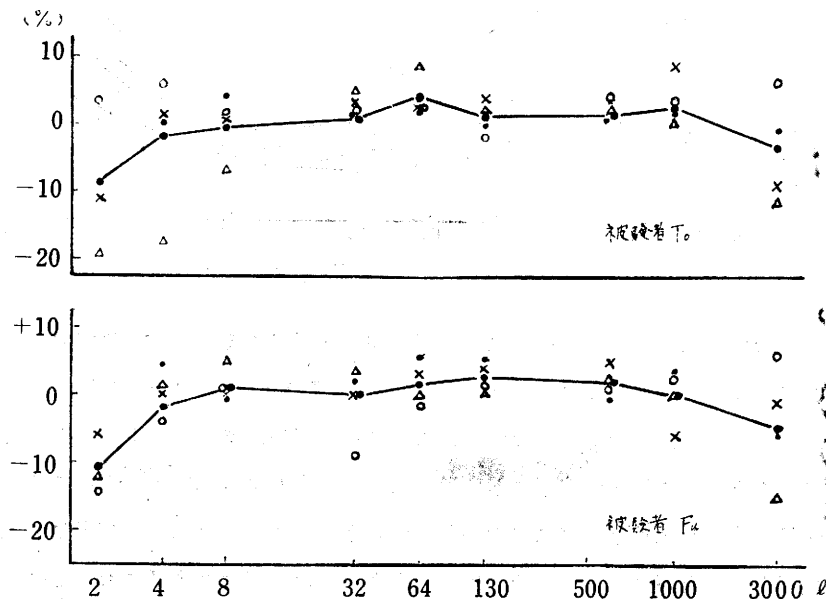


図8 照度とフリッカー値変動率

および3,000lx において平均5%あるいはそれ以上の低下を示すことから低照度と高照度において疲労が著しいと考えられるが、しかし分散の大なることもあって必ずしも、低、高照度でフリッカー値が低下するとは言えない。

10~1,000lx の間では分散が小さくなり、変動値は(+)に傾くことがみられ、この間では脳の興奮水準の高いことが推察される。

各照度水準におけるフリッカー値変動率の間には有意差は認められなかった。

## ② 各種照度下作業と触2点弁別閾値拡大率

図9に示すごとく、第1期実験成績と第2期実験成績の各照度水準における平均値を比較すると若干の差異が両被験者において認められるが、低照度2, 4, 8lxおよび高照度3,000lx でやや拡大率が高率(50%以上)を示し、32~1000lx 間で低率を示す傾向は両実験期において殆んど変化をみない。

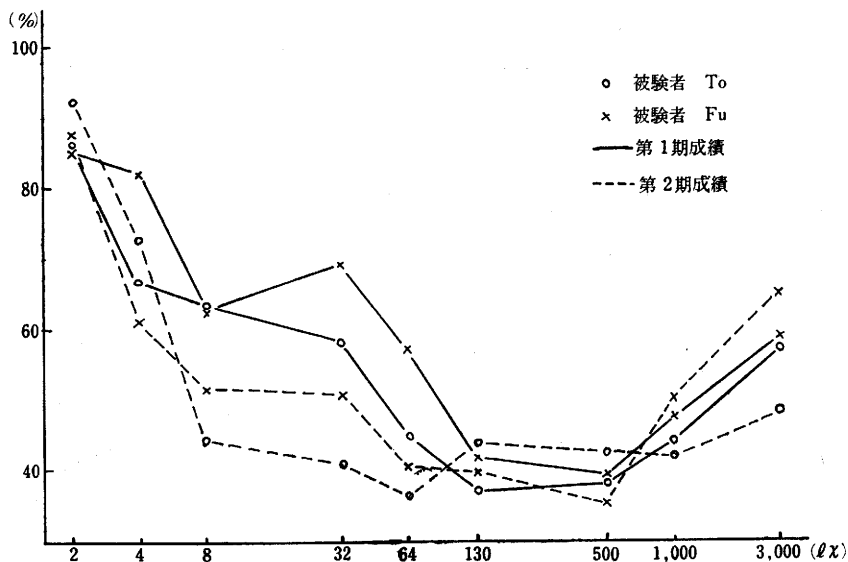


図9 照度と触2点弁別閾値拡大率

しかし、最小値については被験者による個人差も著明であるが、第1期実験成績には概して130~500lx の間にみられたものが第2期実験成績では、Toはその範囲が拡大され8~500lx の間に、Fuは64lx~500lx の間に示され、両被験者ともに低照度の方向に範囲拡大の傾向をみた。これらの成績から疲労度に関して考察すると学年が進んで第2期の実験成績と第1期実験成績との間には大差なく低照度2, 4, 8lxおよび高照度3000lxでは疲労発生が著しいと解されるが、その他の照度条件では、照度水準間における疲労度には大差なく、疲労発生の条件は少ないものと推察される。

## (2) 作業能率の低下

① 作業開始後10分間の作業量を基準にしてその後の各10分毎の作業量比率の低下状態をみると（図5参照）前述したように、第1期実験成績においてはパターンAは、低照度8lx以下および高照度3000lxにみられた。第2期の成績では8lx以下の低照度にみられた。これは疲労発生の比較的早いことを示すものと考えられる。パターンBは緩慢な作業量低下を示すもので、第1期では64lxおよび130lxにおいてみられ、第2期では32, 64, 1000, 3000lxにおいて被験者Fuにみられた。パターンCは第1期では500lxおよび1000lxにおいてみられ第2期では32lxから1000lxの間にみられた。これは時間的経過に伴う疲労発生が比較的少ないものであることを示すものと解される。

## ② 照明照度に対する被験者の主観的評価

実験直後、被験者に実験照度に対する評価をさせた。図10は、第1期実験の同一照度水準における4回の繰返し実験の平均値と第2期実験の3回の繰返し実験の平均値を示したものである。第1期実験成績についてみると、評価の値は概して2～500lxまで直線的な増加傾向を示し、1000lx以上ではその傾向が停滞し水平的に移行する。第2期実験成績についてみると、第1期とほぼ同様な傾向がみられ、64lxの照度水準でやや差異を示し、両被験者ともに第1期の評価より高い評価を与えている。従って5学年段階では、この程度の明るさになると、この種の視作業でも比較的容易になされていることがわかる。さらに130lxから1000lxまでは、ほぼ直線的に増加し、1000lxから3000lxにかけては増加傾向は止り水平的な移行がみられる。

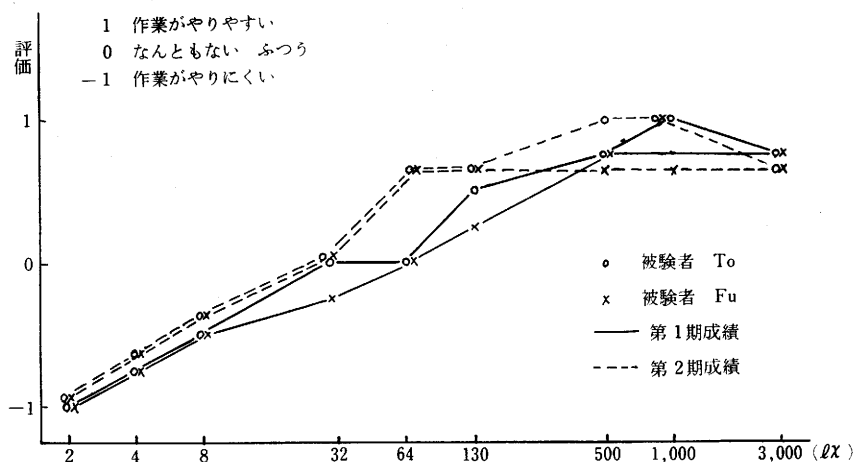


図10 照度と被験者と主観的評価

全体的にみると学年段階における発達の差異は著明ではないが、64lx付近の照度では3学年よりも5学年時の評価が僅かに上る傾向がみられた。このことは、作業能率の成績に

についても同様の傾向が示された。

### ③ 負荷視作業に対する自覚的症状と作業状態の観察

疲労感としての自覚的症状の聴取および作業状態の観察では、両期実験成績間にさして差異はみられない。すなわち、両期、両被験者ともに低照度 2, 4 lx において作業直後「しばらく目を閉じていたい」等の訴えがあり、作業後 2～4 時間、後頭部頭痛を強く訴えた。しかし、眼痛は全くなかった。また作業中、視距離が短くなり、ためいき、いきみ等が多く観察された。さらに作業後は平常にみられない学業放棄や両親、弟妹へのかんしゃくもち等の感情的動揺を示した。

高照度 3,000 lx においては「時々まぶしいが、べつに何ともない」「手首がいたい」「目先に字がチラチラすることがある」。低照度と同じく眼痛は全くなかった。

### ③ 照度と脈拍数

表 2 は各照度下における脈拍数を作業開始 10 分後、20 分後と時間的経過において測定したものの平均値を示したものである。測定にはプルスマーター（三栄測器製）を使用した。先ず平均値についてみると、両被験者ともおよそ高照度 500 lx 辺りで最高値を示す。概して低照度ほど脈拍数が減少する傾向がみられる。

作業中の時間的経過においてみると、10 分値、20 分値に最高値があり、30 分値、40 分値

表 2 照度と脈拍数 第 2 期実験成績

被験者 To						
時 間	照度 (lx)	2	32	130	500	3000
作 業	10 分前	72	73	74	72	73
	10'	84	88	88	108	94
	20'	86	96	108	100	104
	30'	80	81	96	101	100
	40'	81	83	92	94	96
平 均 値		82.75	87.0	96.0	104.75	98.50

被験者 Fu						
時 間	照度 (lx)	2	32	130	500	3000
作 業	10 分 前	74	74	76	75	74
	10'	84	84	84	88	88
	20'	82	88	81	88	88
	30'	80	80	85	88	88
	40'	81	81	80	86	80
平 均 値		81.76	83.25	82.50	87.50	86.0



と低下を示した。また、個人差もあるが概して前述の逐時的にみた作業能率のパターンに類似する傾向がみられる。M. Luckiesh & F. K. Moss は 1 ft-c と 100 ft-c の照度で読書をさせ、その間における脈拍数の変化を調査している。それによると「脈拍数は視的作業が長くなるにつれて減ずる傾向がある。100 ft-c よりも 1 ft-c において、この傾向は強い」としている。また、「不良な条件で 1 時間読書し、脈拍数が 10% も減少するのは自然でない」と述べている。

本実験成績と比較する場合、実験条件、負荷視作業内容、被験者年齢等においてかなり相違があり、そのまま比較するのは問題が残るが、逐時的な脈拍数の推移については、かなり Luckiesh の成績に類似する。しかし、低照度ほど減少傾向が大きいとは云えない。もっとも本実験では、読書作業ではなく全力的な筆記作業であるため、かなりの労働・エネルギー消費が行われていることになる。そのためか（脈拍数と労作強度との関係）作業中の脈拍数はすべて平常値を上まわる値を示した。以上の成績から照度が高くなるほど、一定範囲内で、作業量は増加し（図 2）、作業量が増加するほど脈拍数が増すものと解される。しかし、この他、照度条件による自律神経中枢性緊張の効果も考えられる。この点については今後究明したいと考えている。

#### IV 総括ならびに結語

種々の照度における児童の作業能率と疲労について発達の観点で究明することを目的とし、同一被験者を用い、小学校 3 年生時と 5 年生時の 2 期に反復実験を行ない 40 分間の抹消、作業量、誤謬率、逐時的な作業量変化のパターン、フリッカー値、触 2 点弁別閾値、脈拍数の測定ならびに自覚的症候調査、照明照度に対する主観的評価作業状態の観察を行った。両実験期におけるこれらの成績について比較検討し次のことを明らかにした。

##### 1. 40 分間の総作業量

第 1 期実験成績においては、100～1000 lx の間に、第 2 期実験成績においては、60～100 lx の間に、最高の値を得た。誤謬率は、第 1 期においておおむね 32～1000 lx の間に低い傾向をみたが、第 2 期においては、第 1 期の値より全体的に低率化し、8～1,000 lx の間に低い傾向をみた。

成人についての在来の成績では 2 lx 程度の照度では最高水準の 70% 程度、30 lx で 90% 以上の能率を示しているが、本研究の児童の成績では、第 1 期において、2 lx で約 80% とやや低照度における能率が高く、64 lx に至って漸く 90% に達した。第 2 期の成績では、2 lx で 75.5% と第 1 期のそれより僅かに下り、32 lx で 93% に達し、成人の値にかなり接近した。

ように思われる。

## 2. 疲労度に関しては

- (1) 作業能率の時間的経過のパターンからみると、逐時的能率低下の最も緩慢なのは、第1期成績においては500～1000lx、第2期においては32～1000lxの間であった。
- (2) フリッカー値については、2lxおよび3000lxで低下の傾向をみとめたが分散が大きく他の照度水準の値との間には有意差は認められなかった。
- (3) 触2点弁別閾値においては、両期の成績に大差はないが、第1期では130～500lxの間に、第2期では、若干、低照度の方向に拡大されて64～500lxの間に、拡大率小なる傾向をみた。
- (4) 照明照度に対する作業難易の主観的評価では、両期ともに500lx以上の照度水準で「最もやりやすい」と回答した。3000lxでは能率低下、疲労度増大をみるに拘らず照度不良と判定するものがなかった点は注意をひく。
- (5) 作業後の自覚的症状については、両期ともに、2, 4lxで「しばらく目を閉じていたい」の訴えがあったが眼痛は全くなかった。しかし、作業後2～3時間後頭部頭痛を訴え感情的動揺を暗示する態度もみられた。
- (6) 脈拍数については、高照度ほど脈拍数が多く、逐時的な経過でみると、10分値、20分値に脈拍数が最高値を示し、30分、40分にかけて低下する傾向があり、逐時的にみた作業能率のパターンに類似する傾向をみた。

以上、両期実験成績より児童の各種照度下における作業能率および疲労度に関して、照度好適条件および恕限度を発達の視点も含めて検討すると、第1期実験成績においては、ほぼ100～1000lxの間に、また第2期実験成績においては60～1000lxの間に良好な作業能率を得、疲労度も比較的僅少であった。従って、発達のには年令が進むにつれて好適照度条件の範囲が低照度の方向に拡大する傾向が明らかになった。

照度恕限值については、発達の差異なく約10lxの照度条件としたい。

もっともこれらは、被験者が視力正常な健康児であるという条件内における総合判定であり、低視力者の場合は、好適照度条件が高照度の方向に移行縮少されることが「低視力者と正常視力者の視力別被験者の作業能率と疲労に関する実験」<sup>(24)</sup>において、既に明らかにされていることから少なくとも30lx以下は不適照度条件とされねばならないだろう。

多くの教室内照度分布実態調査<sup>(25)(26)</sup>が示すごとく、北側に面した校舎の室奥の机上面照度は5lx程度は時刻、天候、季節により稀でなく、他方、南側に面した窓側机上面照度は天候により3,000lx以上が常値ともなり得る。

エム・ヴェ・アントロポフも1年生の保健の中で「不十分な照明は、視力の鋭さに影響を与えるだけでなく、聴力の鋭さをも本質的に変えてしまう」また「暗い照明は、視覚分析器に制止をよび起こすが、この制止は大腦半球皮質上を拡張し、聴覚分析器の領野をも支配する」と述べているように、学習の場における採光照明は保健上は勿論のこと、教育、学習能率の面からも、不適な照度条件をつくらぬよう座席の位置、補助照明、室内の色彩配色、学習作業の内容、文字の大きさ等総合的な工夫と配慮が必要であることを改めて痛感する。

### 参 考 文 献

- ① H. Cohn：日本眼科学会雑誌 Vo 144の7
- ② N. Goldstern u. F. Putnoky：Arbei Etechnische Untersuchungen iiber die Beleuchtung Von Webstuhlen, Industrielle Psychotechnik, 7, 11, 1930
- ③ C. E. Ferree & G. Rand：Effect of increase of nitensity of illumination of the test chart. Am. J. of Ophth. Vol 16：The effect of Variation of illumination on acuity, Speed of discrimination, Speed of Auoniodation and other important oyl function Tr. act. of Am Ophth. soc. 19
- ④ M. Juckiesh：The Science of Seeing, 1937 Van Nostrand co.
- ⑤ C. L. Crouch New Method of Peternrining I. Illumination Required for Task 1958, I. E, S,
- ⑥ H. C. Weston & A. K. Taylor：The Relation between Illumination and Efficiency in Fine Work, 1926 His Majesty's stationary Office
- ⑦ 水川孝：照度の作業能率に及ぼす影響について，日眼 Vol 44の7
- ⑧ 高橋春蔵：種々の照度における作業能率ならびに疲労について照明誌 Vol 16の6  
：照度と作業能率，工場照明，東洋書館，1944
- ⑨ 矢追秩栄：抹消法による比較疲労の測定について眼臨 Vol 43.
- ⑩ 川畑愛義：採光照明に関する研究 京大教養部保健体育研究室
- ⑪ 上野碩夫：教室における採光および照明に関する実態調査日記誌Vol17の4,5.
- ⑫ 松井端夫：照度と目の疲労に関する研究，照明誌，Vol47の5.
- ⑬ 原島 進：環境衛生学，12，昭和25年，南江堂
- ⑭ 蒲山久夫：前掲論文⑫
- ⑮ Brozek & Simonsou：J.Op.Soc.Am.38,1948
- ⑯ 大塚 任：照明と網膜の生理，照明誌Vol.39.  
：試視力表の照明に関する研究，日眼，Vol42の6 1938
- ⑰ Bartley&Chute：Fatigul and Impairment in man, Mc Gram Hill
- ⑱ 桐原葆見：疲労判定の機能検査法，7～28，同文書院
- ⑲ 林 譚：疲労と睡眠，18 筑摩書房
- ⑳ 猪飼道夫：運動生理学入門，170体育の科学社
- ㉑ 朝比奈勝沼：疲労，46， 創元社
- ㉒ 池田一三：眼機能，光覚及び夜盲1957日本眼科全書
- ㉓ M. Luckiesh & F. K. Moss：Seeing in Tungsteu, Mercury and Sodium Light.31,655～674

1936, I. E. S.

- ㉔ 内山 源：種々の照度下における視力別児童及び知能別児童の作業能率と疲労について学校保健研究 Vol7,10 1965
- ㉕ 小倉 学編：学校保健のすすめ方, 117, 医歯薬出版
- ㉖ 内山 源：小・中学校教室内照度分布に関する調査昭和37年度東大修士論文
- ㉗ ロシア教育科学アカデミア編：一年生の教育学, 267, 1961明治図書
- ㉘ 内山 源：種々の照度における児童の作業能率と疲労について日衛誌Vol20の4, 1965
- ㉙ 橋本邦衛：前掲書⑬ 脈拍数, 201

### Abstract

An experimental study on Work efficiency and fatigue of children in relation to illumination level

GEN UCHIYAMA

(Faculty of Education, Ibaraki Univ)

There exists a considerable literature on the relation between the work efficiency, fatigue and illumination level, but little work has been done to study its relation using children as subject.

This experimental study was carried out for the purpose of investigating the effect of illumination upon the work efficiency and fatigue of children. A boy and a girl served as subjects, and the longitudinal experiment was made on the same subject at their age of 8 years and 10 years. The experimental Work (Cancellation of specified letters in the test papers) was made for 40 minutes under various illumination levels. Regarding fatigue, determination of critical flicker fusion frequency and esthesiometry were made and after work.

Attention was also paid upon the subjective symptoms after the work, and pulse rate in process of work. Results :

- 1) The work efficiency was highest in the range from 100 to 1,000 lx at age of 8 and 60 to 1,000lx at age of 10.
- 2) Taking the output curve, flicker-test value and esthesiometry into consideration, the fatigue seemed to be slightest in the above mentioned range.
- 3) Lower illumination level, especially under 8 lx, caused marked decline of efficiency and noticeable fatigue.
- 4) There was noted a tendency of decrease in efficiency at the illumination level as high as 3,000 lx, although the children were rather satisfied with that level.