

No. 139.

(Verlegt Mai, 1936.)

Experimentelle Untersuchungen über Licht-Schleier.

Von

Yenziro AWADI, *Bungakubakusi.*

Tuyosi OGISAKA, *Bungakusi.*

Siniti KAWASIMA.

Falls es eine durchsehbare Schicht von bestimmten Stoff zwischen dem Auge und dem Gegenstand gibt, und wenn ein bestimmtes Licht daran gegeben wird, da wird sogleich eine Fläche ähnlich wie ein Schleier geschlossen, und wird dadurch unsere Gesichtswahrnehmung ziemlich verhindert. Diese Erscheinung nennt man ein Phänomen des "Licht-Schleier"s.

In diesen vorliegenden Arbeiten behandelten wir experimentalisch die folgenden einigen wichtigen Problemen darüber:—

- 1 Verhältnis zwischen Dichtigkeit von Schicht-Stoff und Verschleierbarkeit. (Weiss- und Schwarz-Lösungen).
- 2 Relative Licht-Stärke und Verschleierbarkeit. (Ein sogenanntes "Bambusrouleau Phänomen").
- 3 Entfernung der Schicht und Verschleierbarkeitseffekt.
- 4 Einflüsse von Licht-Schleier auf Tiefen-Wahrnehmung.

Diese Probleme wurden optisch, psychologisch und zugleich praktisch, ausführlich abhandelt. Unsere Ergebnisse sind, wir glauben, vielleicht auf die Fälle von Nebel, Wolke, Rauchschild und Decke sehr anwendbar, und andererseits zu Luftfahrt, Feldbeobachtung, Nachtgefecht und Tarnung mehr oder weniger beiträglich.

光幕現象の實驗的研究

目 次

I	緒 言	243
(1)	光 幕 現 象	
(2)	問 題	
II	第一實驗：層の濃さと結幕性	246
(1)	計 畫	
(イ)	目 的	
(ロ)	實 驗 設 備	
(ハ)	實 驗 方 法	
(ニ)	被 験 者	
(2)	實驗第一部：胡粉溶液による光幕	
(イ)	胡粉溶液の濃度と光の透過性との關係（豫備實驗）	
(ロ)	胡粉溶液の濃度と結幕性との關係	
(ハ)	實 驗 の 追 證	
(ニ)	數 學 的 處 理	
(ホ)	兩 眼 の 比 較	
(ヘ)	結 幕 性 の 動 搖	
(3)	實驗第二部：墨汁溶液による光幕	
(イ)	墨汁溶液の濃度と光の透過性との關係（豫備實驗）	
(ロ)	墨汁溶液の濃度と結幕性との關係	
(ハ)	實 驗 の 追 證	
(ニ)	墨汁溶液と胡粉溶液との比較	
(ホ)	數 學 的 處 理	
(ヘ)	兩 眼 の 比 較	
(4)	結果の實踐的考察	
III	第二實驗：相對照度の光幕的限界（特にすだれ現象に就て）	271
(1)	計 畫	
(イ)	目 的	
(ロ)	實 驗 設 備	
(ハ)	實 驗 方 法	
(ニ)	被 験 者	
(2)	實 驗 結 果	
(イ)	電流抵抗度と照度との關係（豫備實驗）	

(ロ)	結幕限界に於る相対照度	
(ハ)	實 驗 の 追 證	
(ニ)	兩 眼 の 比 較	
(ホ)	結果の實踐的考察	
IV	第三實驗： 結幕距離の問題	282
(1)	計 畫	
(イ)	目 的	
(ロ)	實 驗 設 備	
(ハ)	實 驗 方 法	
(ニ)	被 驗 者	
(2)	實 驗 結 果	
(イ)	視標照度と結幕距離との關係	
(ロ)	幕照度と結幕距離との關係	
(ハ)	結果の實踐的考察	
V	第四實驗： 光幕と奥行知覺	289
(1)	計 畫	
(イ)	目 的	
(ロ)	實 驗 設 備	
(ハ)	實 驗 方 法	
(ニ)	被 驗 者	
(2)	實 驗 結 果	
(イ)	幕照度と奥行知覺との關係	
(ロ)	幕照度と奥行判断の動搖	
(ハ)	光幕による奥行知覺の變化に就ての心理學的解釋	
(ニ)	單眼視に於る幕の奥行判断に及ぼす影響	
(ホ)	結果の實踐的考察	
VI	結 語	300

(完)

光幕現象の實驗的研究

所員 文學博士 淡路圓治郎
文學士 萩阪剛*
川嶋眞一*

I 緒言

(1) 光幕現象

眼と視られる對象との中間に、一定物質の透視性の層がある場合、之に一定の光が與へられると、幕様の面が結ばれて、視覚が妨げられることがある。かゝる現象を、我々は今後**光幕現象** Licht Schleier, light veil と呼ぶことにする。

光幕發生の原因は、その層を成す物質分子の反射光に在るものゝ如く、之に由つて幕面が結成せられて、背後の對象が不明となるのである。例へば、閉鎖した暗室に雨戸の隙穴から漏れ入る日光が浮揺する塵埃に當つて光幕を結び眼を遮ぎるが如き、眞暗な夜空に旋回するビーコン燈の光芒が光幕を描いて眺望を妨げるが如き、或は陳列窓を照らす西日が硝子の表面に光幕を作つて商品を見え難くするが如き、すべてこの類である。

層を成す物質の分子は必ずしも緻密なるを要しない。雲、霧、雪、水蒸氣、煤煙、塵埃、粉塵等の浮遊性の微粒子ばかりでなく、粗布、レース、網、簾、格子、籠目等の目の粗い構造でも、優に光幕を結ぶ可能性がある。

透視性に富んだ層であつても、ある條件の下では、幕面化して光幕を結び、不透明な層と等しい性質を示すに到ることがある。水、硝子、空氣なども、普通の状態では透明であるが、光幕を結ばせることは必ずしも不可能ではない。

光幕現象に於ては、物質分子の放散 irradiate する反射光が相互に連接重疊して緻密なる幕を組成し、背後の對象を隠蔽被覆する如く説くものもあるが、之は必ず

* 共同研究者兩名は、當時東大文學部心理學科學生。第一實驗の實施は専ら川嶋、その他の實驗の實施は萩阪に負ふ所が多い。實驗の計畫、整理、解釋、記述その他に關しては、すべて淡路がその責に任すべきである。

しも正しくはない。目の粗いレース、間の広い格子などに於ては、織條や棧に反射する光が緻密な等質の光幕を結成し得ない場合でも、光幕作用は明瞭に認められるのであつて、到底光滲 Irradiation だけでは説明が付き難い。レース越しにその背後の対象を見る場合の如き、照度の如何に關せず、レースの紋様 pattern には變化が無く、たゞレースが暗ければ背景が浮び上り、レースを明るく照せば背景が埋没するのみであつて、如何なる条件の下に於ても、レースそのものが無地の壁に化するが如きことはあり得ない。また、通りすがりに細かい窓格子の内を眺める場合、室内に着眼すれば、格子は無記化して茫漠となり、格子に眼を合はせれば、幕が結ばれて室内は背景に引き退き、しかも全然消滅はしないで居る。格子は依然として格子の儘であるが、幕面化することによつて、間隙越しの眺望が埋没するのみである。

光幕現象に於て大切なことは、物理的に幕が出来ることではなくて、寧ろ知覺的に幕が結ばれることである。光幕現象の本質は、物理的と云はんよりは、遙に心理的であつて、物質の層に光が與へられることによつて、觀者と対象との間に、知覺的の面の形態 Gestalt が成立し、之によつてもとの対象が無記化して印象が稀薄となるのであると考へたい。

この面の形態は、物質の層が緻密 compact である場合には成立し易く、粗雑となるにつれて成立し難くなる。木板、金屬板、石板の如きは、特別の場合の外は、結幕性を喪はず、⁽¹⁾之に反して、空氣、水、硝子等は比較的結幕性に乏しいとも云ひ得られる。⁽²⁾

一般に、光幕生起の狀況は、下記の諸種の条件によつて、大に異なる所がある。

I 層の性質又は情態

- (1) 層を組成する微粒子、纖維、線條等の大きさ又は太さ
- (2) その光學的性質、特に反射性（若くは逆に吸収性）
- (3) 光に照される層の厚さ
- (4) その部分の層の濃さ
- (5) 層の眼若くは対象に對する距離

II 対象の性質又は情態

- (1) 光幕を通して知覺すべき対象の光學的性質

-
- (1) 木板、金屬板、石板の如きものでも、層を薄く削るか、背景の照度を強めるかすると、透視が出来るやうになる。また、ある種の光線、例へば X 線の如きは、容易く之を透過する。
 - (2) 空氣、水、硝子等は、不純物を取り除くと、なかなか容易には光幕を結ばなくなるが、それでも、表面反射を利用すると、幕面化することが出来る。

- (2) 對象の大きさ又は距離
- (3) 對象の讀易さ

III 光の性質又は情態

- (1) 層及び對象に與へられる光の性質
- (2) 光の強さ、特に層と對象とに與へられる光相互の相對照度
- (3) 光の與へ方⁽³⁾

IV 觀察者側の事情

- (1) 視力
- (2) 疲勞、特に眼の疲勞狀態
- (3) 眩惑性
- (4) 視點の置き方 等。

光幕は、就中、(1) 層の濃さ、(2) 之に與へられる光の相對照度、(3) 層の眼竝びに對象に對する距離關係、(4) 層及び對象への光の與へ方等によつて、大にその趣きを異にする。

我々は、特に此等の諸點に關して、光幕の本質を確める目的を以て、茲に下の數種の實驗を試みた。研究は尙ほ進行中であるが、茲には既に完了した三四のものに就き、結果の概要を報告することにする。

(2) 問題

茲に報告する部分の研究に於て、我々が採擇した問題は、専ら次の四點である。

- (1) 層の濃さと結幕性⁽⁴⁾との關係
- (2) 層と對象との相對照度の光幕的限界
- (3) 結幕距離竝にその變移の條件
- (4) 光幕による空間知覺（特に奥行知覺）の變化

其他の諸點に關しては、近く實驗の終了を俟つて、別に報告する豫定である。

-
- (3) 層及び對象に與へられる光の角度、集散、斷續の狀態等。
 - (4) 光幕の結び易さ Verschleierbarkeit

II 第一實驗：層の濃さと結幕性

(1) 計 畫

(イ) 目 的

如何なる物質の層でも、一定の条件の下に於ては、光を透過し、また透視され得るが、その条件を改めると、光幕を結んで対象を遮蔽するやうになるものである。

金属や木材のやうなものでも、厚さを薄めるか、特殊の光を當てるか、または相対照度を限界以上に變化するかすると、遂には幕としての性質を失ひ、優に透視し得られる様になる。また、逆に硝子や水のやうなものでも、濃さを増し、厚さを加へ、若くは相対照度を高めなどすると、忽ち光幕となつて視覚を妨碍するに到るものである。

殊に、普通には透明な層が光幕に化する場合には、その結幕性は一に層の濃さによつて規定せられるやうに見受けられる。

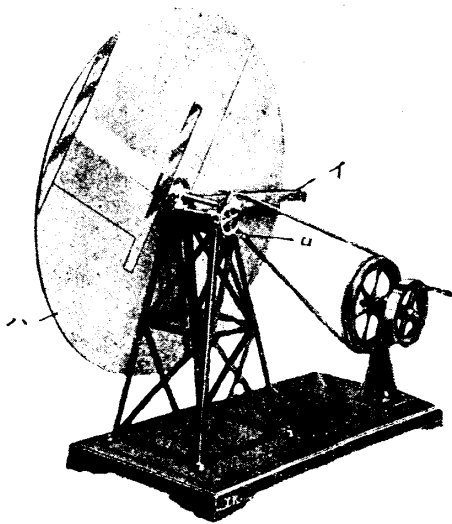
然らば、同一の状況の下に於ては、層の濃さと結幕性との間に、如何なる関係があるであらうか。一定の照明状態に於て、一定の層は、どの程度の濃さの場合に、一定対象に對して光幕的に作用するのであらうか。また、濃さの變化に應じて、一定の層は如何に各種の結幕条件を異にするであらうか。

我々は、先づ理論的に是等の問題を解明し、更に出來得るならば、實踐的に一定の事物を遮蔽するに必要な幕の濃さを定め、また逆に一定の光幕を透視し得べき方策を確めたいと思ふのである。

(ロ) 實 驗 設 備

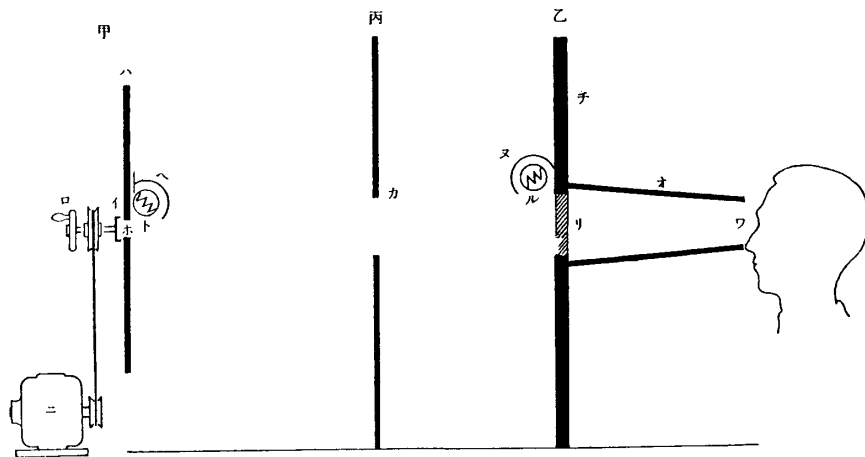
用 具 淡路式廻轉連續露出計及び水槽レンズを嵌めた覗見用衝立。其他。
装 置 暗室の實驗臺上に、廻轉連續露出計（第2圖甲）を据え、遊標桿（イ）上を移動する枠中に視標カードを挿入し、電動機（ニ）の廻轉につれて、廻轉板（ハ）が視標の前を反覆廻轉し、露出窓（ホ）を通して、視標が露出するやうに装置する。廻轉板の速度はチラツキの起きぬ程度に一定である。

視標には、2 cm 平方の白紙の中央部に直徑 2 mm の黒點を書きたるものを用ひ、之を遊標枠に挿入し、被驗者をして黒點の有無を認知せしめる。



第 1 圖 淡路式廻轉連續露出計
圖は裏面を示し、實物ヲ。圖中イは遊標桿、ロは遊標移動用把手、ハは露出度調節用廻轉板。

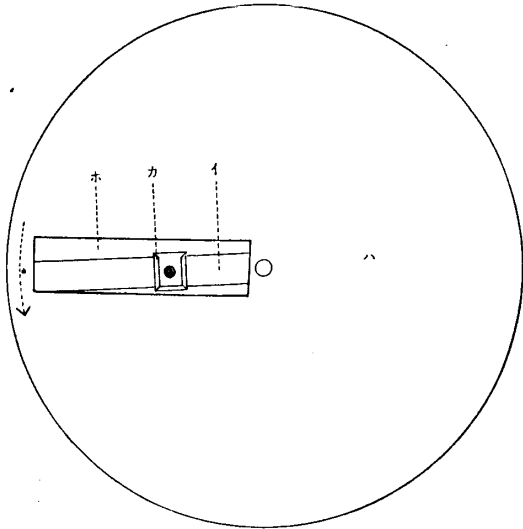
視標の位置は、遊標移動用把手（ロ）の操作によつて、遊標桿（イ）の端から、漸次、極小變化法によつて、廻轉板の中心に向つて移動する。廻轉板（ハ）には横短冊形の露出窓があり、之が板の廻轉につれて何處かの部分で視標の前面を頻繁に横切り、その都度、短小時間乍ら、視標を連続的に露出する。而して、視標の露出度は、視標が遊標桿の端にある時は比較的少なく、廻轉板の中心に近づくにつれて増加する。視標の所在は最初は全く認知し難いが、遊標の移動に伴ひ、一定の場所に到れば、漸く認知せられる。この際の露出度は、その場所の圓周、即ち廻轉板の中心からその場所迄の距離（半径）の 2 倍に圓周率を乗じたるものと、露出窓の縦幅との比によつて示さ



第 2 圖 第一實驗用設備

れる。之を、便宜上、露出率と稱する。⁽⁵⁾ 所定の視標を認知するに要する最小露出率は、少なければ少い程、視知覺が容易であり、大となるにつれて視知覺が困難であることを意味する。(第3圖参照)。

(5) 露出率の算定法としては $\frac{n}{2m\pi}$ なる式を用ひる。m は視標認知の場所から廻轉板の中心までの距離。n はその場所の露出窓の縦幅。π は圓周率である。



第 3 圖 廻轉連續露出計(甲)正面圖

圖中、ハは廻轉板、ホは廻轉板の露出窓、イは遊標桿、カは視標カード挿入用の枠である。

計したもので、之に水を湛へ、胡粉、墨汁その他を溶し込み、之に光を與へて光幕を結ばしめるのである。

光は衝立の背後、水槽の上方、レンズの中心から 5.5 cm 離れた箇所設けられた小型チューブ電球(ル) (60 watt, 100 volt) によつて與へられ、散光を防ぐために被蓋(ヌ)にて掩はれてゐるが、レンズの中央部に於る光量は常に 1044 lux となるやうに一定せられた。

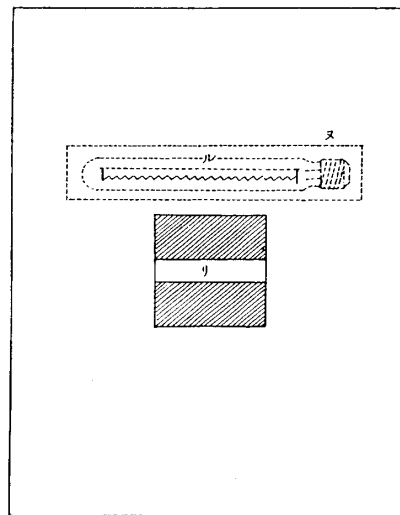
而して、被験者はこの衝立(乙)に取付けられた暗筒(オ)の覗穴(ワ)に眼を當て、右若くは左の單眼視にて、水槽レンズ(リ)の中央部に在る横短冊形の窓を通して、100 cm 距つた視標を直視せしめられる。この際、被験者の視線は水槽レンズを直角に横切ることになつてゐる。(第 4 圖参照)。

尙ほ、(ト)(ル) 兩電球からの光の相互干渉を避けるため、

視標は被験者の眼から 100 cm の距離に在り、露出窓の上方、視標まで 3 cm の場所に設備したランプ(ト) (60 watt, 大型チューブ電球, 100 volt) によつて照され、常にカード面に於て 600 lux の照度を保つやうに調整せられた。ランプ(ト)の光は、直接被験者の眼に入らぬやうに、被蓋(へ)にて掩はれてゐる。

被験者の直前には衝立(乙)が置かれ、その中央部には水槽レンズ(リ)が挿入せられてゐる。レンズと眼との距離は 30 cm である。

水槽レンズは、厚さ 1.5 mm の無色光學用硝子板を、内矩 10 cm × 10 cm × 1 cm の水槽を成すやうに設



第 4 圖 衝立(乙)正面圖

廻轉連續露出計（甲）とレンズのある衝立（乙）との中間に、別にボール紙の襖（丙）を立て、その中央部にも横短冊形の穴を穿ち、視標の認知に妨なからしめた。

（ハ）實驗方法

方法 水槽レンズ中に一定量の清水を入れ、之に種々の度合に胡粉⁽⁶⁾若しくは墨汁⁽⁷⁾を混じて、光を當て、液の濃さの變化に應じて、溶液の結幕性に如何なる差異を生ずるかを見る。

而して、結幕性の程度は、便宜、視標の識別性、即ち所定の視標を認知するに要する最小露出率によつて窺ふことにした。

計畫 (1) 第一實驗第一部では、胡粉溶液を用ひ、下の種々の場合に於る結幕性を比較した。

- 1 清水のみの場合
- 2 胡粉 I 定量 (1.25%) の場合
- 3 2 倍量 (2.5%) の場合
- 4 4 倍量 (5%) の場合
- 5 8 倍量 (10%) の場合
- 6 16 倍量 (20%) の場合

これ等各種の場合を 1 から 6 へ、又は 6 から 1 への順序で、夫々極小變化法を用ひて實驗し、各場合の視標認知に要する最小露出率を測定した。

なほ、別に、比較の目的を以て、水槽を取去りたる場合の必要露出率をも測定した。

(2) 第一實驗第二部では、墨汁溶液を用ひ、上と同様の計畫で、實驗を遂行し、第一部に於る結果と比較した。

- 1 清水のみの場合
- 2 墨汁 I 定量 (0.78%) の場合
- 3 2 倍量 (1.46%) の場合
- 4 4 倍量 (2.92%) の場合
- 5 8 倍量 (5.84%) の場合

(6) Oriental Artist's Colourmen 社製、Oriental Poster Colour の White を用ふ。

(7) 篠崎インキ製造株式會社製、チャムピオン印製圖用墨色インキを用ふ。

(二) 被 験 者

・実験第一部には、健眼の壯年男子、O, Ka, Ko, M の四名、第二部には同じく Ko, M, E の三名を使用した。

第一部は昭和九年、第二部は同十年に試みられた。

(2) 実験第一部：胡粉溶液による光幕

(イ) 胡粉溶液の濃度と光の透過性との関係（豫備実験）

光幕現象の実験に入るに先立ち、我々は、溶液中の胡粉定量の倍加が光學的に如何なる意味をもつかを見るために、上記各種の混濁度の溶液が、夫々どの程度に與へられる光を透過するかを測定した。⁽⁸⁾ 即ち、既述の衝立(乙)に水槽レンズを挿入し、一定量の胡粉溶液を盛つた場合、2倍、4倍、8倍、16倍等に濃度を倍加した場合、並びに清水を入れた場合、水槽レンズを取去つた場合等につき、Macbeth氏照度計を用ひて、光の透過量を計測した。(レンズの照度は既述の通り一定である)。

その結果によると、胡粉溶液の濃度と透過性との間には、下の第I表の如き関係がある。

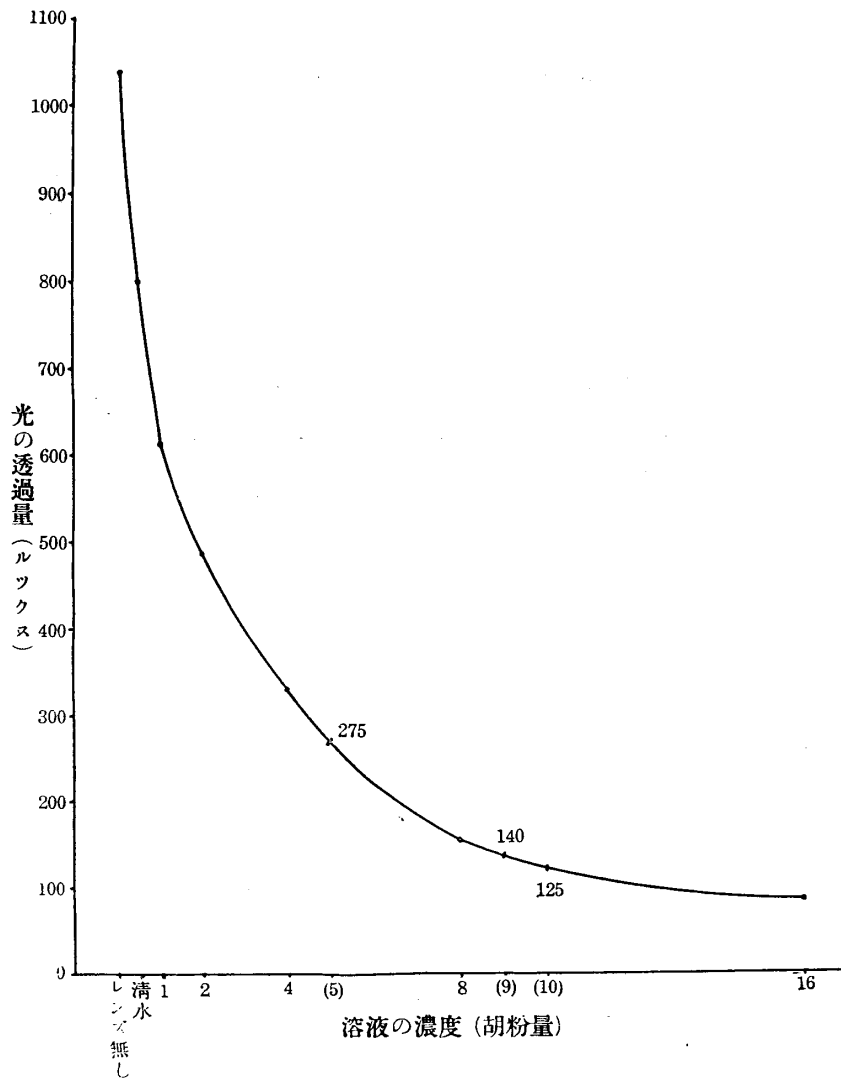
第 I 表 溶液濃度と光の透過性との関係 (胡粉溶液)

濃 度	レ ン ズ 無 無	清 水	胡粉I定量	2 倍 量	4 倍 量	8 倍 量	16 倍 量
透過光量(lux)	1,044	800	613	488	333	155	88

この関係を圖示すると、次の第5圖の通りであつて、光の透過性は溶液濃度の倍加につれて漸減するが、しかも必ずしも直線的に低下せず、退行曲線は寧ろ凹状を呈し、對數的に頗る規則正しく、減退するものゝやうである。

従つて、溶液の濃度はその儘透過性を示さず、層の濃さと結幕性との関係を論ずるに當つては、例へば胡粉I定量の溶液、2倍量の溶液、若くは16倍量の溶液等と

(8) この豫備実験は元來光學的のものであつて、我々心理學者が取扱ふを要しないのであるが、光幕に關する研究を進めて行く上に於て、先づこの問題を解明する必要があり、しかも光學方面では適當の資料が得られなかつたので、殊更ら測定を試みた次第である。



第 5 圖 溶液の濃度と光の透過性との関係 (胡粉溶液)

稱する場合には、之を透過性 613 lux の溶液、488 lux の溶液、若くは 88 lux の溶液等と解して、考察を進めて行くのが、寧ろ妥當のやうに思はれる。

また、第 5 圖の退行曲線に徴すれば、我々は、同一の胡粉溶液に關して、種々の濃度の場合の透過性の程度を、實測を経ずして推算することが出来る。例へば、5 倍量の胡粉溶液では大約 275 lux, 9 倍量の溶液では大約 140 lux, また 10 倍量の溶液では大約 125 lux の透過度を有することなどが知られるのである。

(口) 胡粉溶液の濃度と結幕性との関係

實驗第一部に於ては、我々は、層の濃さと結幕性との関係を確めるため、胡粉の溶液に就き、前述の種々の濃度の場合に、視標の認知に必要な最小露出率を測定したが、その結果は、大體、第2表の如くである。(表中の數字は各被験者左右兩眼各4回宛の實驗による平均露出率⁽⁹⁾を示す)。

第2表 溶液の濃度と結幕性との関係(1) (胡粉溶液)

被験者	層の状態 光の透過性	レンズ無し	清水	胡粉1定量	2倍量	4倍量	8倍量
		1,044 lux	800 ㄩ	613 ㄩ	488 ㄩ	333 ㄩ	155 ㄩ
O		3.02	4.06	6.20	9.29	20.36	54.05
Ka	⁽¹⁰⁾ 4.28		4.19	7.30	11.62	22.93	53.19
Ko		2.39	2.45	2.93	4.35	7.09	20.20
M		2.83	3.24	5.58	9.40	16.75	48.07
平均露出率		2.99	3.33	4.88	7.54	13.64	37.17
平均錯差		0.519	0.643	1.597	2.719	6.418	15.192

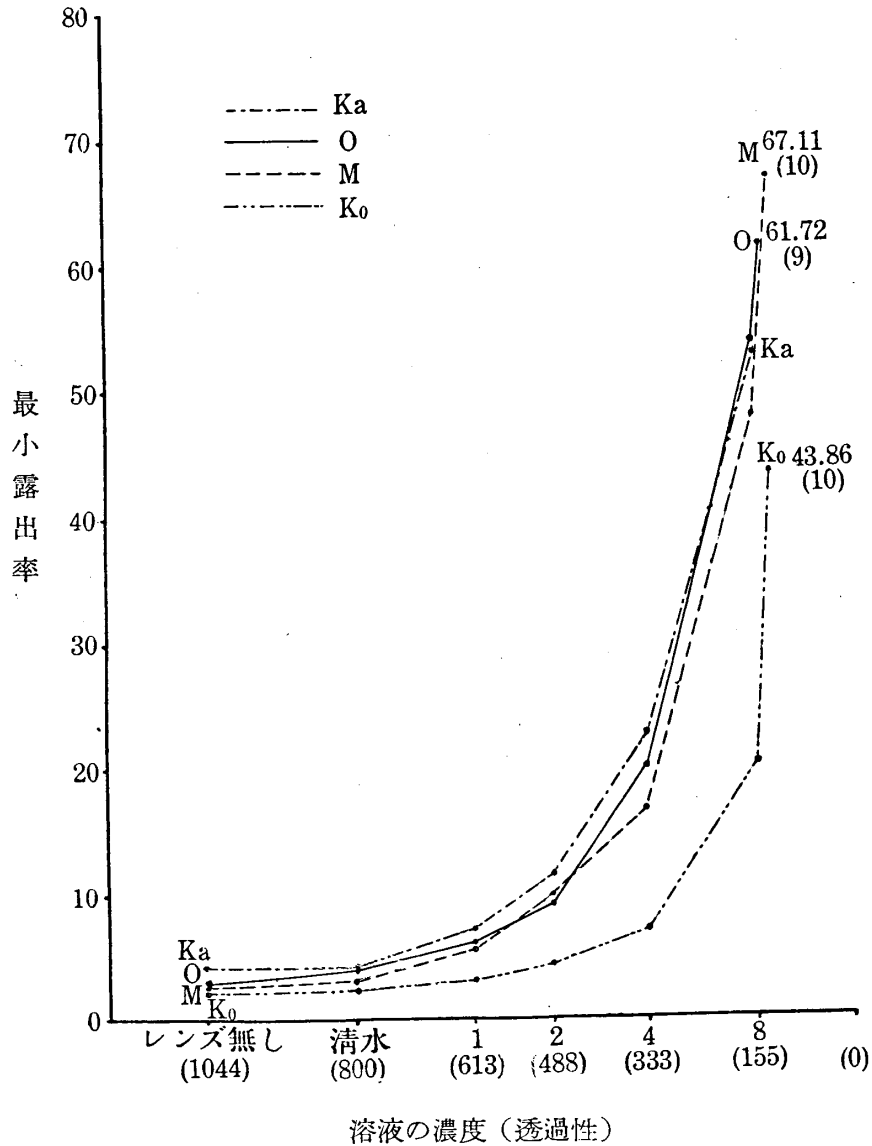
胡粉16倍量の場合は、孰れの被験者も全く透視し得なかつたので、この表からは除外した。

第2表の數値に基き、個人別竝に一般的に、層の状態特に溶液の濃度と結幕性との関係を圖示すると、第6及び第7圖の通りである。

第6圖に明であるやうに、溶液濃度の變化に伴ふ結幕性の増減は、個人によつて

(9) 露出率は、既述の如く、 $\frac{n}{2m\pi}$ によつて算定せらるべき筈であるが、この際 $\frac{1}{\pi}$ は常恒であるから便宜之を省略し、また數値を見易からしめるために100を乗ずることとした。即ち 露出率 = $\frac{n}{2m} \times 100$ である。第一實驗第二部に於ても同様である。

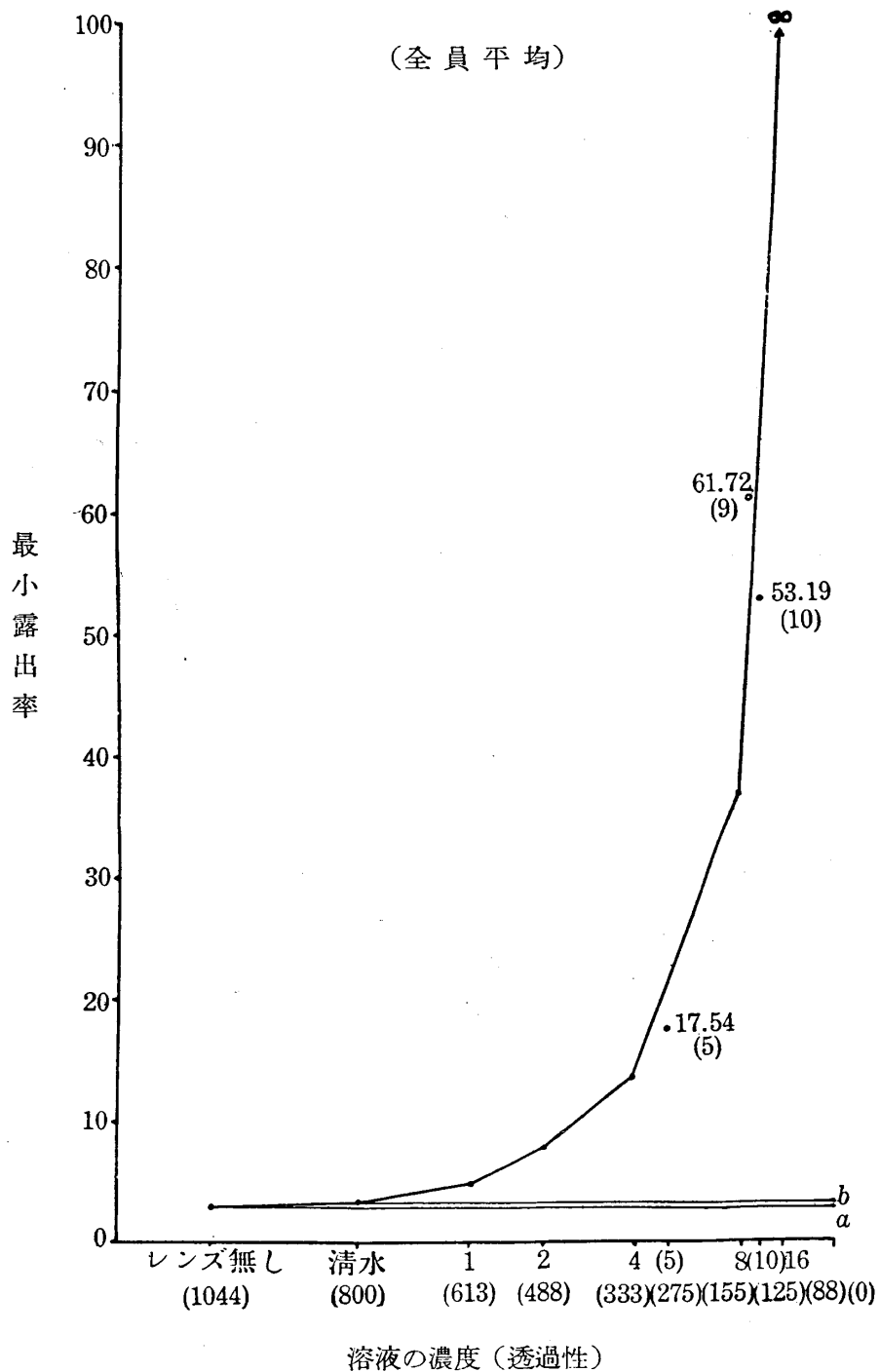
(10) 被験者 Ka の水槽レンズ無き場合の成績は、清水のみのレンズの場合に比して、却つて幾分その値が大である。之は恐らく實驗回數の少きため偶然の事情の混入せる故であらう。實際は今少し小となるべき筈である。



第 6 圖 溶液の濃度と結幕性との關係 (個人別)

多少高低の別はあるが、大體に於て同様の推移を示し、兩者の間には極めて規則正しい關係の存在することを暗示してゐる。

之を全員に就て見れば、濃度の倍加従つてまた透過性の減退につれて、溶液の結幕性は急激に増大し、1乃至2倍量位迄は大した光幕を結ばないが、4乃至8倍量では俄然著しく結幕性を増し來り、16倍量に到つては何人も全く透視不能となつて居り、兩者の關係を現はす曲線は頗る典型的な凹型の對數曲線を描いてゐる。



第 7 圖 溶液の濃度と結露性との関係 (全員平均)

而して、第2表又は第7圖にも示されてゐるやうに、水槽レンズに清水を入れただけでも、視標の認知には3.33の露出率を必要とするが、元來、この實驗條件の下に於ては、水槽レンズを取去つた場合でも、視標を認知する爲には少くとも2.99の露出率を要するのであるから、水槽レンズそのものゝ挿入によつて惹起される視覺の妨碍の程度は、差引0.34の必要露出率の増加として計量せられる。第7圖中 a は視標の認知に必然的に要求せられる露出度、b は水槽レンズそのものゝ要求する露出度、而して b の水平線以上が眞に胡粉の混入によつて増大せらるべき露出度を示すものである。

(ハ) 實驗の追證

次に、第7圖に掲げた曲線の妥當性を檢證するために、我々は特別に下記の追證實驗を試みた。

即ち、前と同一の條件の下に、たゞ水槽レンズ中に混ぜられる胡粉の定量を、5倍量、並びに10倍量となし、夫々の場合の實驗結果が前掲の對數曲線上にびつたりと落ちるや否やを確めたのである。

實驗の方法は先と全く同一であるが、被験者は O, Ko, M の三名で、Ka を缺いてゐる。また被験者 O は10倍量の溶液に對しては透視不能であつたので、別に9倍量の場合につき、露出率を測定した。

かくて、得られた結果は第3表の通りである。

第3表 溶液の濃度と結幕性との關係 (2)

層の狀態 光の透過性 被験者	5倍量	9倍量	10倍量
		275 lux	140 ㄉ
O	25.25	61.72	
Ko	12.50		43.86
M	19.41		67.11
平均露出率	17.54	61.72	53.19

今この結果を、前掲の曲線に對して、interpolate 並びに exterpolate するに、第7圖の黒點の如く、略々同一線上に定位せられ、先の實驗結果が大體に於て正確であり、此の曲線が一般に妥當であるらしいことが裏書せられる。

尤も、被験者 O の 9 倍量の成績が K₀ 及び M の 10 倍量の場合よりも不良である如き、些少の矛盾もない譯ではないが、之は専ら被験者の特異性に因るものであるから、論外に置くのが至當であらうと思はれる。

(二) 數學的處理

溶液濃度の増加に伴ふ結幕性の増大の經過は、前掲第7圖に示されたやうな典型的な對數曲線を描くのであるから、この結果に數學的處理を施して、兩者の関係を數量的に確定することが出來得べき筈である。

蓋し、⁽¹¹⁾ 曩の胡粉溶液に於る曲線の經過は、大體、下の公式に該當するものと考へられる。

$$I_1 = I_0 e^{kx}$$

$$\text{但し } \left\{ \begin{array}{l} I_1 \text{ 一定濃度の時の結幕性(即ち必要露出度)} \\ I_0 \text{ 清水の時の結幕性(即ち必要露出度)} \\ x \text{ 幕の濃さ(但し光の透過量にて表はす)} \\ k \text{ 幕に固有の結幕係數, } k = \frac{1}{K}, \text{ K 即ち } k \text{ の逆} \\ \text{數は幕の吸收係數を示す} \\ e \text{ 自然對數底數} \end{array} \right.$$

尤も、この實驗に於ては、 e 即ち自然對數底數は常數であり、また幕の厚さは常恒である。

先式より

$$\log \frac{I_1}{I_0} = kx$$

従つて、この實驗式が正しければ、縦軸上に $\log \frac{I_1}{I_0}$ をとり、横軸上に x 即ち幕の濃さ(光の透過量)の數値を劃して、前掲の必要露出率の變化關係を圖示し直せば、我々は横軸に對して一定角度の傾斜を保つ直線を得る筈である。

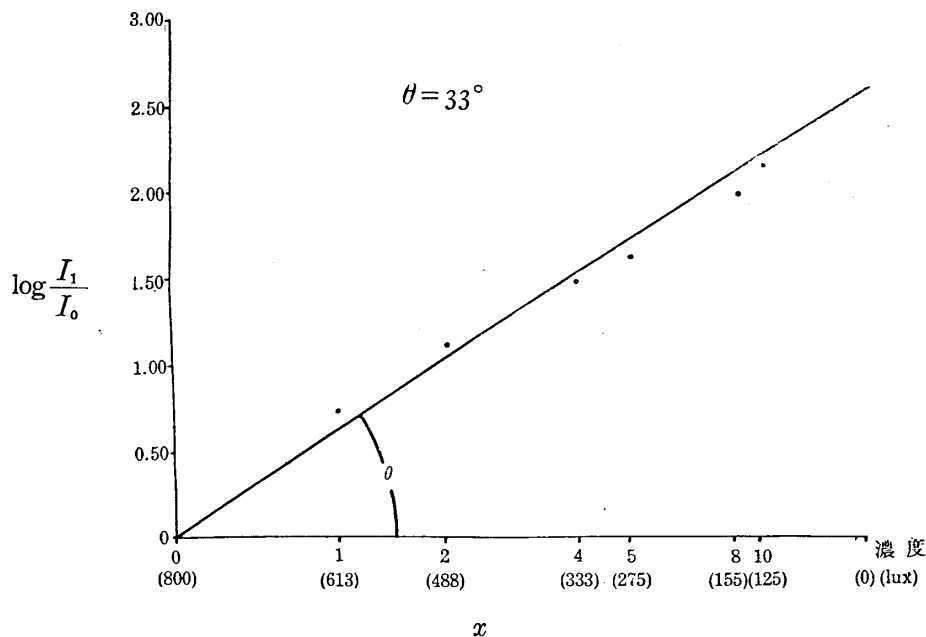
この直線の傾斜角度こそ、上の式中の k に密關せるものであつて

(11) 實驗結果の數學的處理に就ては、本所員拔山大三氏の指示に負ふ所が多である。誌して感謝の意思を表明する。

$$k = \tan \theta$$

我々はこの角度を確めることによつて、この溶液に特有の光幕の性質を究めることが出来るのである。

今、この豫想の下に、先の資料を整理し、之に基いて作圖すれば、第8圖の如き直線が得られる。(この際、假に $\frac{I}{200 \text{ lux}}$ を以て單位とする)。



第8圖 胡粉溶液に於る濃度と結幕性との關係 $\left(\frac{I}{200 \text{ lux}} = I\right)$

第4表 x と $\log \frac{I_1}{I_0}$ との關係 (胡粉溶液)

溶液の濃度 透過性(x)	清水 0	1	2	4	5	8	10
	800 lux	613	488	333	275	155	125
水槽レンズ無 き場合の必要 露出率を差引 きたる結幕性	0.34	1.89	4.55	10.65	14.55	34.18	50.20
$\log \frac{I_1}{I_0}$	0	0.7451	1.1265	1.4958	1.6313	2.0023	2.1691

第4表並に第8圖によれば、 $\log \frac{I_1}{I_0}$ は濃度の増加（即ち光の透過量の減少）につれて直線的に増大し、第8圖の如きスケールの作圖に於ては、その上昇は、 x 軸に對して、大體 33° の角度を保つものゝやうである。

$$\theta = 33^\circ$$

依つて $k = \tan 33^\circ = 0.6494$

従つて $K = \frac{1}{k} = 1.5398$

この K はこそ胡粉溶液に特有の吸収係數であるから、我々は之を確め得たことによつて、今後、種々の濃度（若くは透過度）に於るこの種の溶液の結幕性の程度を推知し得る譯である。

また、我々は之と同様の數學的處理を、他種の溶液例へば次の實驗に用ひる墨汁などの場合にも、適用することが出来る。

(ホ) 兩眼の比較

次に、左右兩眼の孰れを用ひるかによつて、層の結幕性即ち必要露出率に如何な

第5表 左右兩眼に於る結幕性の比較（最小露出率）

層の状態 被験者 眼	清 水		胡粉 I 定量		2 倍 量		4 倍 量		8 倍 量		
	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左	
O	4.04	4.09	5.91	6.52	9.36	9.21	20.00	20.70	53.76	54.05	
Ka	4.15	4.23	7.29	6.81	11.79	11.32	21.88	24.09	50.00	56.81	
Ko	2.45	2.44	3.14	2.75	4.83	3.96	6.91	7.16	20.57	19.80	
M	2.94	3.61	5.02	6.28	8.60	11.58	14.38	20.16	40.48	58.82	
平均露出率	3.23	3.42	4.85	4.86	7.77	7.47	12.91	14.34	35.84	38.61	
全員平均	右 眼				12.92		左 眼				13.74

る相違があるかを確認する爲に、前掲四名の被験者の各場合に於る左右兩眼の成績を對照すれば、第5表の如くである。

第5表に従へば、四名中三名の被験者では、常に些少乍ら、左眼の方が露出率が多く、光幕を結び易い傾があることになつてゐる。

之は、恐らく、我々の被験者にのみ特別の現象⁽¹³⁾で、偶然三名が一致を示したに過ぎないのであつて、寧ろ一般には、この點に關して、左右兩眼の間に大差なきものと見るべきではないかと思はれる。たゞ之によつて、ある種の被験者では、兩眼の個人的状態に應じて、孰れか一方の眼が比較的に光幕に感じ易い傾向があるらしいことは察せられるのである。

(へ) 結幕性の動搖

最後に、以上各種の場合に於て、胡粉溶液の結幕性に關して、實驗成績上に如何なる動搖若くは誤差が現れてゐるかを調査して見ると、第6表の通りである。

第6表の數字は、各被験者の夫々の場合に於ける實驗成績の平均錯差 Mean Variation を、左右兩眼につき平均し、更に其れの平均成績(左右の平均露出率)に對する百分比を算出したものであるが、この結果によれば、多少の矛盾はあるが、⁽¹⁴⁾

第6表 結幕性の動搖率 (最小露出率の平均錯差百分比)

被験者	層の状態	清 水	胡粉 I 定量	2 倍 量	4 倍 量	8 倍 量
O		13.38%	10.05%	20.46%	17.60%	15.95%
Ka		20.98	14.50	12.69	16.90	15.44
Ko		1.58	8.00	9.07	19.43	19.61
M		12.92	9.50	25.12	27.27	27.16
平 均		12.21	10.51	19.33	20.30	19.34

(13) 之は個人の兩眼の視力に關係があるのではなからうか。

(14) たとへば、Ka の清水の場合に於けるが如き突飛なる動搖もないわけではないが、之は偶然の出來事のやうに思はれる。

溶液濃度の増加につれて、結幕性は幾分動搖を増し、最小露出率の平均錯差は絶対的のみならず、相対的にも幾分大となる傾があるやうである。

この結幕性の動搖は、専ら眼の状況、注意の状態、その他被験者側の事情によつて生ずるものであるから、溶液の濃度が増すに従ひ、被験者側の事情が結幕性に及ぼす影響が多少その程度を加へ來ると見てもよいかと思はれる。

(3) 實驗第二部：墨汁溶液による光幕

(イ) 墨汁溶液の濃度と光の透過性との關係 (豫備實驗)

茲では、第一實驗第二部として、溶劑の特質が光幕現象の上に如何に反映するかを見るために、曩の胡粉溶液による實驗と對照して、墨汁溶液による實驗を試みた。⁽¹⁵⁾

この實驗は、設備竝に方法とも、前記の胡粉溶液による實驗と相等しく、たゞ被験者中 Ka, O の二名を減じ、新に E を加へ、計三名の被験者を用ひた點に相異があつた。

實驗に入るに先立ち、この場合にも亦た、我々は溶液中の墨汁定量の倍加が光學的に如何なる意味をもつかを確める目的の下に、種々の濃度に於る光の透過度を測定した。

即ち、水槽レンズ中に清水を入れ、之に 1 定量、2 倍量、4 倍量、8 倍量等の墨汁を加へた場合、その層が既定の照明條件(但し層の表面に於る照度 1200 lux)の下に於て、夫々どの程度の光量を通過せしめるかを、前と同様の手續で、Macbeth⁽¹⁶⁾ 氏照度計を用ひて計測した。その結果は、大體、第 7 表の如くである。

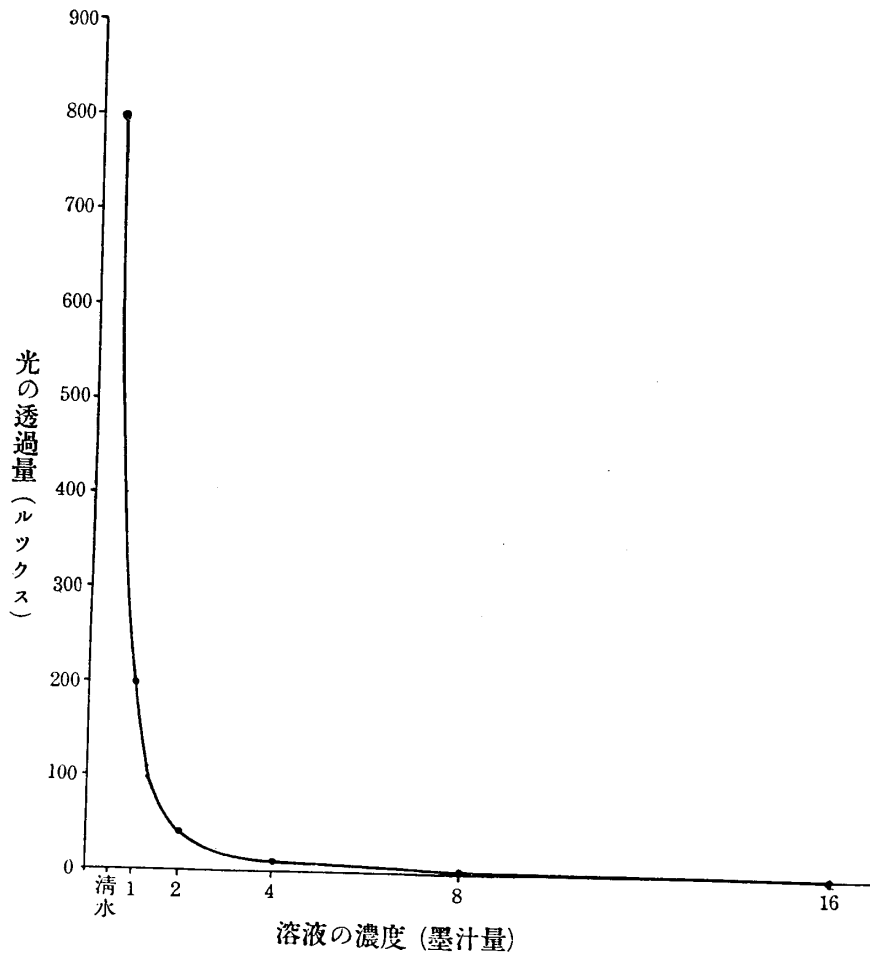
第 7 表 溶液の濃度と光の透過性との關係 (墨汁溶液)

濃 度	清 水	墨汁 1 定量	2 倍 量	4 倍 量	8 倍 量
透過光量(lux)	800	200	40	10	ca 2

この結果を圖示すれば、第 9 圖の通りであるが、この場合も亦、曩の第 5 圖と等

(15) 實驗用墨汁としては、篠崎製チャムピオン印製圖用墨色インキを約 128 倍に稀釋して使用した。

(16) 被験者の相違、照明状況の微差、其他偶然の事情によつて、測定値に多少の異同があつたが、これ等はすべて計算によつて近似値に訂正せられた。

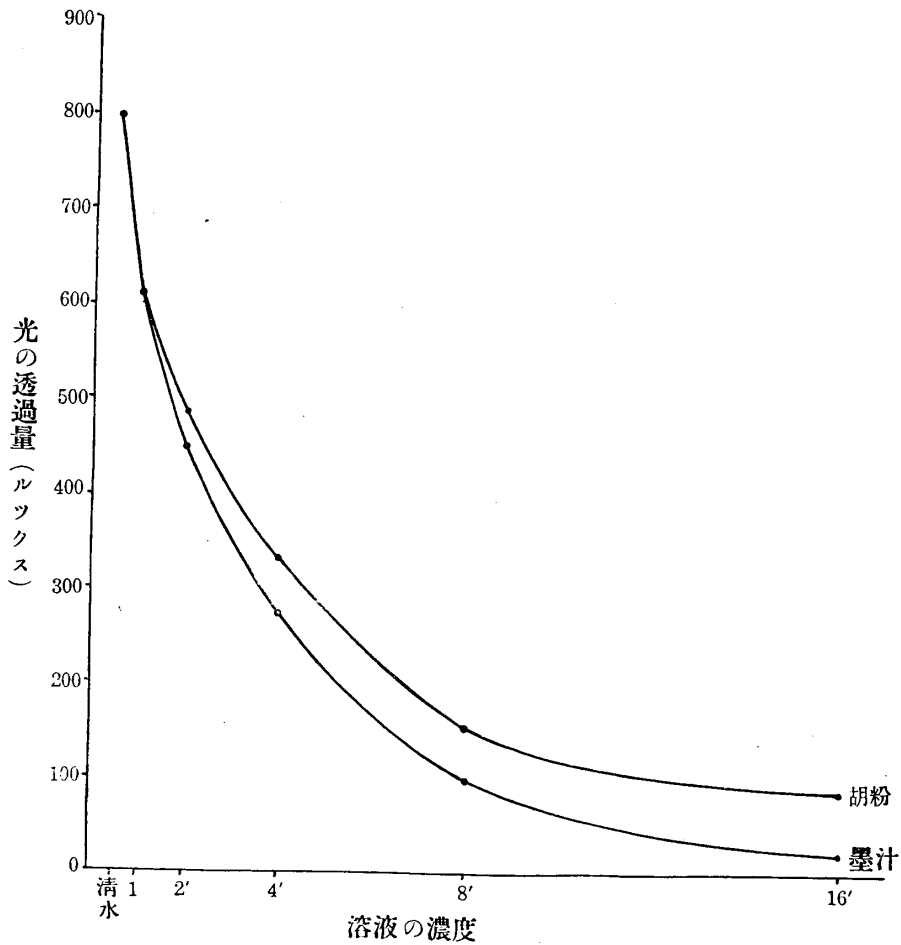


第 9 圖 溶液の濃度と光の透過性との關係 (墨汁溶液)

しく、光の透過性は、溶液濃度の倍加につれて漸減するが、しかも必ずしも直線的に低下せず、凹状の曲線を描いて、對數的に頗る規則正しく、減退することが知られる。

但し、第 9 圖の曲線が、第 5 圖のそれに比して、些か低下が急なのは、墨汁そのものの性質の他に、單位定量の採り方にもよるものであるらしい。

試みに、前掲第 9 圖の結果に基き、墨汁の定量を改め、曩の胡粉 1 定量に相當する透過光量 (約 600 lux) の場合を以て、標準濃度と見做し、その 2 倍量、4 倍量、8 倍量に於る透過光量を推算圖示すると、次の第 10 圖の如くなる。而して、この第 10 圖に於る胡粉溶液線の經過と墨汁溶液線のそれとの差こそ、兩種溶液の光學的性質の相異を暗示するものである。



第 10 圖 溶液濃度の増加に伴ふ光透過性の變化
(胡粉溶液と墨汁溶液との比較)

(口) 墨汁溶液の濃度と結幕性との關係

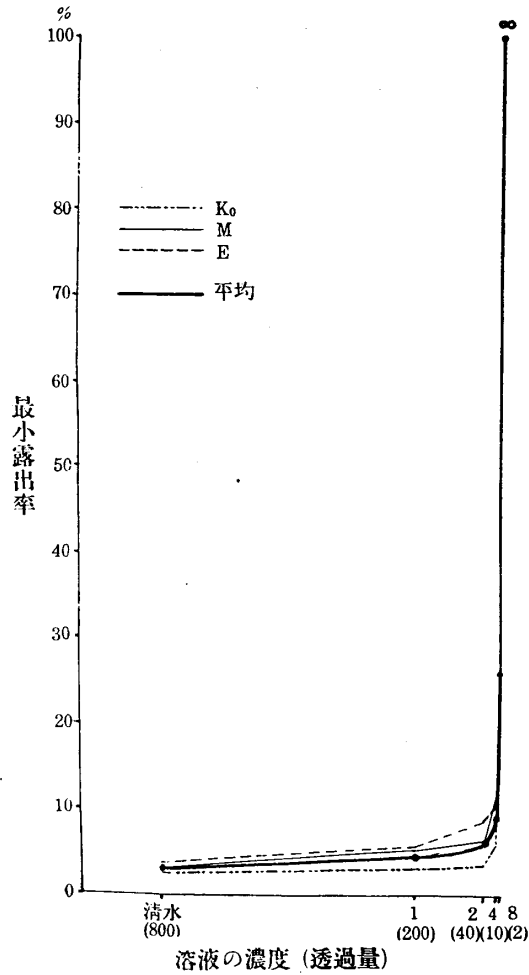
次に、墨汁溶液に於る濃度と結幕性との關係を窺ふために、前掲種々の濃度の場合に就き、視標認知に要する最小露出率を測定して見ると、第 8 表の如くであつた。

第 8 表又は第 II 圖の結果によれば、墨汁溶液の濃度の變化に伴ふ結幕性の増減は、個人の場合でも、全員の場合でも、規則正しい推移を示し、頗る典型的な對數曲線を劃してゐる。即ち、墨汁溶液では、一定濃度に達する迄は結幕現象は殆んど現れず、透視性に富むが、4—5倍量に於て、俄然結幕性を呈し、その後僅の増量に

第 8 表 墨汁溶液の濃度と結幕性との關係 (1)

層の状態 光の透過性 被験者	清 水	墨汁 I 定量	2 倍 量	4 倍 量	8 倍 量
		800 lux	200 ㄩ	40 ㄩ	10 ㄩ
Ko	2.49	3.01	3.69	5.91	22.22
M	3.19	5.34	6.53	11.49	30.30
E	3.73	5.73	8.84	10.86	∞
平均露出率	3.13	4.69	6.35	9.42	26.26*

* Ko 及び M のみの平均



第 11 圖 墨汁溶液の濃度と結幕性との關係 (1)

よつても結幕性を増大し、8倍量に到つては、殆んど完全な幕を結んで、透視不能に近くなつて居り、濃度と結幕性との關係は、大體、曩の胡粉溶液に於るとその軌を一にし、同様に對數的な經過を示してゐる。

(ハ) 實 験 の 追 證

第8表の實驗結果の妥當性を追證するために、我々は墨汁溶液の濃度單位を多少改め、特に濃度低き場合（即ち光の透過性比較的に大なる場合）に就き、同様の實驗を重ねて見た。

この實驗⁽¹⁷⁾に用ひた被験者は Ko, M の二名であつたが、その結果は、大約、下の如くであつた。

第9表 墨汁溶液の濃度と結幕性との關係 (2)

Ko	層の状態 光の透過性	清 水		1 α		2 α	4 α	
		800 lux		560 ≐		300 ≐	180 ≐	
	必要露出率	2.490		2.547		2.954	3.526	
M	層の状態 光の透過性	清 水	1 β		2 β			4 β
		800 lux	617 ≐		335 ≐			88 ≐
	必要露出率	3.190	3.402		3.615			4.359

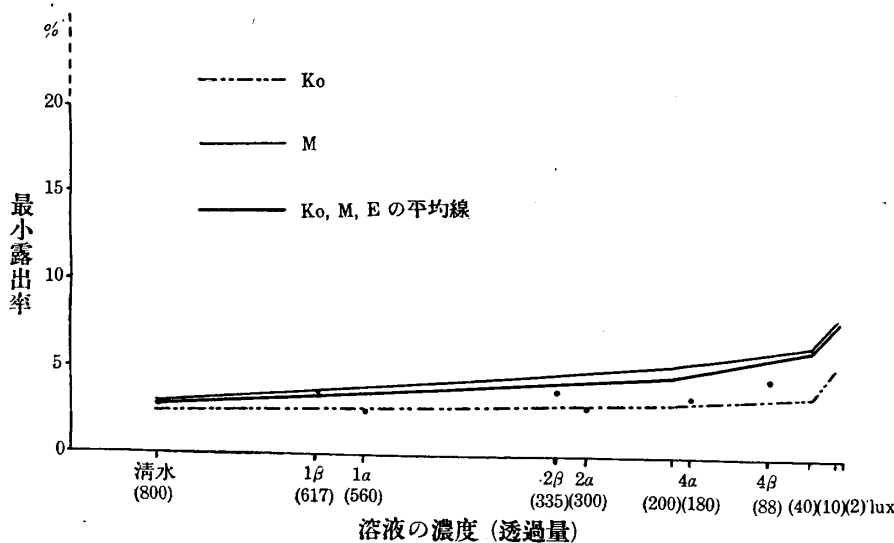
表中の數字はすべて訂正露出率を示す。

第9表の結果を、曩の第II圖の曲線中に interpolate して見ると、第12圖の通りであつて、略々既得の線に沿うて進行するやうである。

尤も被験者 M に於ては、些少の齟齬がない譯でもないが、依然大體の傾向を喪はず、被験者 Ko に到つては、正しく既得の線との完全なる一致を示してゐる。

かくて、曩の第II圖に掲げた墨汁溶液の濃度増加に伴ふ結幕性の變化を示す曲線は、決して甚だしい誤りでないことが裏書せられるのである。

(17) 第9表中 α 及び β は偕に Ko 若くは M に於る墨汁の單位定量を現はす。



第 12 圖 墨汁溶液の濃度と結幕性との關係 (2)

(二) 墨汁溶液と胡粉溶液との比較

上述の如く、墨汁溶液による實驗は、大體に於て、既述の胡粉溶液による實驗と、頗る良く近似した結果を示したのであるが、第 8 表及び第 11 圖を仔細に點檢すると、兩種の溶液の間には幾分趣の異なるものがあることを發見する。

即ち、胡粉溶液の曲線では、屈曲が多少緩角度であつたのに對して、墨汁溶液のそれは、頗る急角度であつて、最初緩漫なる上昇を示したものが、突然にその方向を轉じ、恰も一本の直線を途中から直角に屈折したるが如き狀を成して、經過してゐるのである。

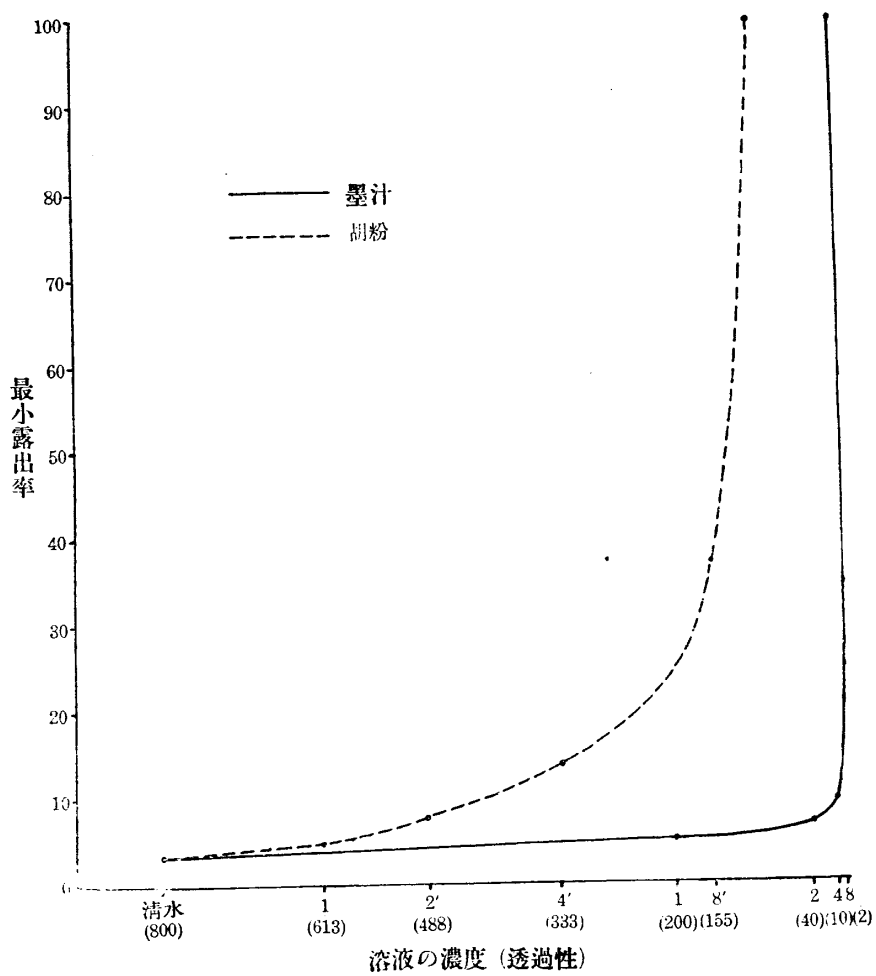
但し、第 8 表の測定値中、清水の場合 (3.13) は、胡粉溶液に於る測定値 (3.33) に比し、些かその値が低小である。理論上は、この兩者は全く一致すべき筈であるが、被験者の異同、心身狀態の變化、實驗條件の微差、その他各種の偶然的事情によつて、茲に見られるが如き齟齬を來したものと考へられる。かくてこの齟齬を考慮に入れ、第 8 表の測定値に對して、夫々この齟齬量に應ずるだけの比率の訂正を加へ、之を胡粉溶液に於る測定値と比較して見ると、次の第 10 表の通りになる。

今、この第 10 表の數値に基き、兩種溶液に於る濃度と結幕性との關係を對照的に圖示すれば、第 13 圖の如くである。

第 13 圖に明であるやうに、胡粉溶液は、濃度小なる場合に於て既にある度の結幕性を示し、その後濃度の倍加につれて結幕性を増し、16 倍量 (88 lux) に達すれば、

第 10 表 訂正露出率の比率

層の状態	清 水	1 定 量	2 倍 量	4 倍 量	8 倍 量
墨汁溶液	800 lux	200 ≧	40 ≧	10 ≧	2 ≧
	3.33	4.99	6.76	9.42	27.94
胡粉溶液	800 lux	613 ≧	488 ≧	333 ≧	155 ≧
	3.33	4.88	7.54	13.64	37.17



第 13 圖 墨汁及び胡粉溶液に於る訂正露出率の比較

物理的には多少の光を透過し得るにも拘らず、心理的には最早や完全なる幕を結して、全然透視を許さなくなる。

之に較べると、墨汁溶液は一般に結幕性に乏しく、溶液濃度が相當に大となる迄は、透視には大した支障を與へず、濃度が一定限度（我々の實驗に於ては4倍量（10 lux）附近）を越へると、突然に壁化⁽¹⁸⁾して透視を遮蔽し始め、その後は完全なる幕となつて絶対に透視を許さない。

換言すれば、胡粉溶液の曲線が典型的なる對數曲線を形成せるに對して、墨汁溶液のそれは、同じく對數的經過を取るとは云へ、寧ろ双曲線に近い性状を示し、屈曲部即ち濃度3—4倍量（光の透過度20—10 lux）の邊から、急に幕としての性質に變化を生ずるのではないかと思はれる。

この兩者の差異は、専ら、兩種溶液の光學的性質の相違に由來するものであるらしい。蓋し、胡粉溶液は光に對しては比較的反射性に富み、光幕を結成し易いけれども、墨汁溶液は、之に反して、光を吸収する性質が強く、従つて反射性に乏しく、概して光幕を結成し難いものであるから、一定濃度に到る迄は幕作用が弱く、一定濃度に達し壁化するに及べば、忽然視野を閉して透視を許さなくなるのであると解すべきであらう。

従つて、第13圖に於ては、曲線の高低は幕効果（若くは壁効果）の程度を示し、屈曲の大小は吸収係数の多寡を現し、また曲線の位置の左右は光幕性の多少を表明するものと見做すことが出来る。

胡粉溶液と墨汁溶液とを兩極端とし、明暗の度合がこれらの中間に位する如き物質溶液、即ち各種の明度の灰色性溶液では、濃度の増減に伴ふ結幕性の變化曲線は、恐らく、第13圖の點線（胡粉溶液）と實線（墨汁溶液）との中間地帯にその位置を占め、その經過（即ち高さ並びに屈曲）も亦た、その明暗の程度に應じて、兩者の折衷に近似するものと推せられる⁽¹⁹⁾。

我々は、今後、種々の物質溶液に就き、かゝる手法によつて、夫々の變化曲線を發見確定することを得れば、一方では、一定條件の下に於て光幕を結成せしめる場合、如何なる物質溶液が比較的有利であるかを決定することが出来、また他方では、一定溶液を以て光幕を結成せしめる場合、その適當濃度を如何にすべきかを判定することが出来るのである。

(18) Vermauern.

(19) 但し、色を帯びた物質溶液では、必ずしも、同様の曲線經過を取るとは限らない。恐らくは、可成り異つた推移を示すものと察せられる。

(木) 數學的處理

次に、墨汁溶液に於る濃度の増加に伴ふ結幕性の變化曲線の傾向を、曩の胡粉溶液の例に倣ひ、數學的に確定するために、各濃度の場合に於る $\log \frac{I_1}{I_0}$ を算出して見ると、第II表の如くである。但し、本表に於ては、濃度4倍量以上(透過性10 lux 以下) の場合は、曲線の性狀に變化あるが故に、之を除外し、前掲第II圖の曲線の屈曲部迄の部分に就き、數學的處理を加へることとした。

第II表 x と $\log \frac{I_1}{I_0}$ との関係 (墨汁溶液)

溶液の濃度 透過性(x)	清水 0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	1	2	4
	800 lux	475 ㄱ	350 ㄱ	265 ㄱ	200 ㄱ	40 ㄱ	10 ㄱ
水槽レンズ無き場合の 必要露出率を差引きた る結幕性	0.34	1.01	1.51	1.75	2.00	3.77	6.43
$\log \frac{I_1}{I_0}$	0	0.47276	0.64748	0.71155	0.76953	1.04454	1.27669

表中 $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ の濃度の場合の透過性及び結幕性は、曩の第10圖及び第13圖の結果に基き、推算したものである。濃度1, 2, 4倍量の數値はすべて實測値である。

この第II表の結果を圖示すると、第14圖の如くであつて、墨汁溶液に於ても、 x と $\log \frac{I_1}{I_0}$ との関係は、略々直線をなし、その角度は大約 16° であることになる。

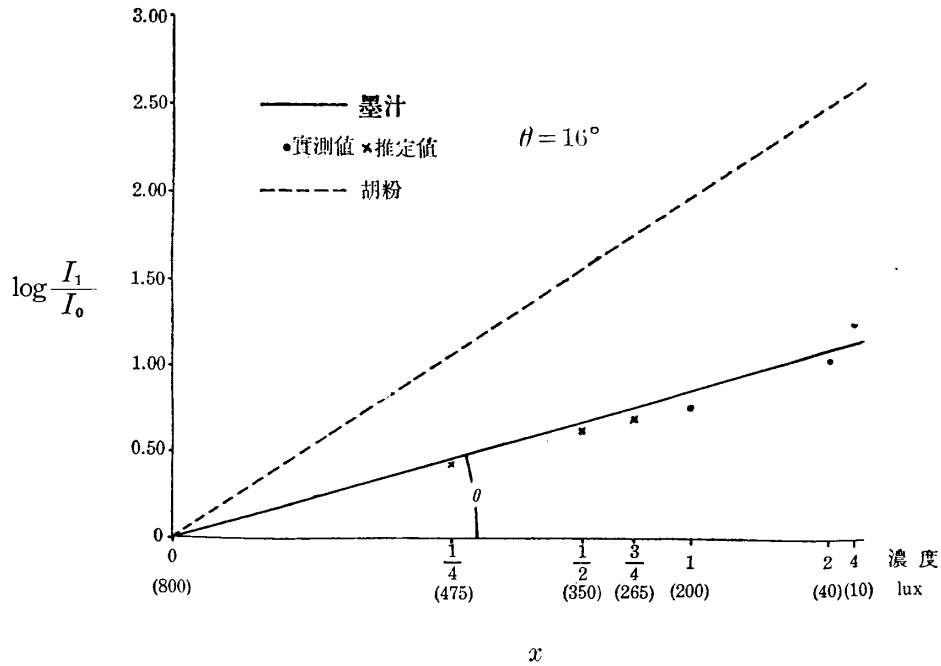
従つて、

$$k = \tan 16^\circ = 0.2867$$

$$K = \frac{1}{k} = 3.4879$$

されば、我々の使用した墨汁溶液では、 k 即ち結幕係數は 0.2867, K 即ち吸收係數は 3.4879 であつて、之を胡粉溶液 ($k=0.6494$, $K=1.5398$) と比較すると、墨汁溶液の方が光に對する吸收性が二倍大であり、また逆に光幕を結成する性質が約 $\frac{1}{2}$ に過ぎないといふことがわかる。

従つて、明暗の程度が兩種溶液の中間に在る如き種々の灰色の溶液では、その結幕係數 ($k = \tan \theta$) も亦た兩者の中間に位し、その直線は是等兩線の挾角中に位置を占めることになるであらうと推せられる。



第 14 圖 墨汁溶液に於る濃度と結幕性との關係 $\left(\frac{I}{200 \text{ lux}} = I\right)$

(へ) 兩眼の比較

胡粉溶液の例に倣ひ、左右兩眼の孰れを用ひるかによつて、墨汁溶液の結幕性に何等かの相違があるかを確認して見るに、測定結果は第12表の如くであつて、墨汁溶液に於ても、亦た、個人によつて、右眼の方が比較的に光幕に感じ易いもの（例へば E）と、左眼の方が感じ易いもの（例へば K₀, M）との別があるが、一般には大差がないのであるまいかと思はれる。

第 12 表 左右兩眼に於る結幕性の比較 (墨汁溶液)

被験者 眼	清 水		墨汁 I 定量		2 倍 量		4 倍 量		8 倍 量	
	右	左	右	左	右	左	右	左	右	左
Ko	2.40	2.58	2.74	3.47	3.89	3.92	6.10	6.24	21.74	22.77
M	2.56	4.29	5.36	5.38	5.67	7.96	10.89	12.49	29.41	30.30
E	4.32	3.35	6.06	5.75	9.76	8.20	11.77	10.20	—	—
平均露出率	3.09	3.41	4.72	4.87	6.44	6.69	9.58	9.64	25.57*	26.54*
全員平均	右 眼 9.88				左 眼 10.27					

* 8 倍量のみは、Ko、M の兩名につき平均した。E は透視不能であつたからである。

(4) 結果の實踐的考察

第一實驗第一部及び第二部に於る研究結果に基き、我々は現に次のやうな實踐的意見を懷抱するに到つた。

- 1 各種の物質の層につき、斯る手法による實驗を試み、比較考察をなすことは、ひとり光幕現象の理論的研究上興味深いばかりでなく、光幕に關する工作竝に對策上大切なることである。
- 2 我々はかゝる實驗の適用によつて、一定の事物を隱蔽被覆するのに視覺上最も適當なる物質を選び、またその適當なる濃度を定めることが出来る。(例へば、煙幕展張の場合の如き)。
- 3 一般に、結幕性に乏しい物質に關しては、光幕を生ずるに要する濃度の倍加度を確認、逆に、結幕性に富む物質に就ては、光幕透視に要する濃度の稀薄度を知ることが出来る。
- 4 又た、一定濃度の光幕に關しては、透視可能性の限界を見出し、之に本いて視覺妨碍に對する防止策を講ずることが出来る。(例へば、煙霧中の觀測の際の如き)。

III 第二實驗：相對照度の光幕的限界

(特にすだれ現象に就て)

(1) 計 畫

(イ) 目 的

一定の物質層の示す結幕性は、層自體のもつ明るさよりは、寧ろそれと透視すべき對象の明るさとの相對的關係によつて定まる。

即ち、光幕効果は、専ら、幕を成す層に與へられる光の絕對照度よりは、背後の事物に對する**相對照度**に依存するものである。

例へば、簾越しに物を眺める場合、白晝には、戸内から戸外は良く見えるが、戸外からは簾に遮られて戸内が全く窺へない。之に反して、夜となつて戸内に燈が點せられると、戸外では戸内の有様が手に取るやうに映するのに、戸内からは簾裏が幕の作用をして戸外の様子は少しも解らなくなる。即ち、戸内と戸外との照度の相違の變化につれて、同じ簾が戸内を隠すものとなつたり、戸外を見えなくするものとなつたりする。

かゝる現象は、獨り簾の場合のみに限らず、レース、布、網、格子、其他一般に隙間を有する組織に於て顯著であり、また程度の差こそあれ、煙、霧、硝子、水等に於ても廣く認められる所であつて、畢竟、物質の層が内外の照度の相對的關係によつて、或は表面に光幕を生じ、或は裏面に光幕を結ぶが爲に外ならぬもので、本質的には、依然、一種の光幕現象と見做さるべきものであるが、我々はこの種の現象を特に**すだれ現象**と呼んで、暫くその特異性を究明したいと思ふのである。

すだれ現象は、いはゞ相對照度に起因する光幕現象であるが、通例は、一定の層の内外の照度が少しでも異なる場合に、照度の大きな側に光幕が結成せられて、その側からの視覺を阻碍するといふ風に、簡単に考へられてゐるが、實際はしかく單純なものではないやうである。

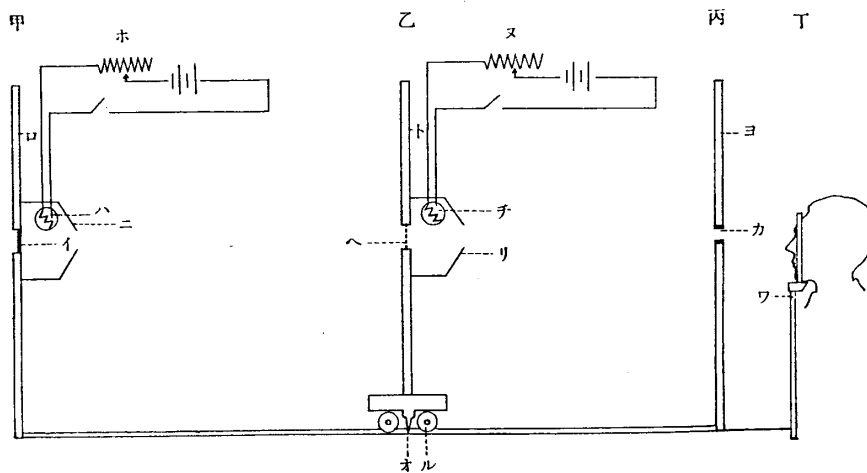
即ち、すだれ現象は層の内外の照度の差が一定限度を超えるに及んで漸く發現するものであり、この限度に達する迄は、たとひ些少の差はありとも、すだれ現象は生じない。またこの限度は、照度の如何を問はず絶対に常恒ではなく、寧ろ内外の照度の高まるにつれて、この限度そのものも大となり、相對的に常恒性を保つが如くに見受けられる。

第二實驗は、一定の層に於て、内外の相對照度がどの程度に達する時に光幕が発生するか、逆に、どの程度を下れば光幕が消滅するか、また内外照度の高下に應じて、光幕の發生若くは消滅の條件が如何に變化するかを見んがために試みられたものであり、理論的並びに實踐的にすだれ現象を取扱つてゐる。

(口) 實 驗 設 備

用 具 刺戟用衝立、ボイル幕用衝立、覗き穴ある衝立、顔面固定器、抵抗器、其他。

装 置 暗室内の實驗臺上に三箇の衝立を三重に並立する。(第 15 圖参照)



第 15 圖 第二、三實驗設備

被験者の眼から 200 cm の所、即ち最も奥には、刺戟用衝立(甲)を置き、板面(ロ)の中央部、眼の水平の位置にある露出窓(イ)から、順次所定の視標を露出する。

視標は Landolt の裂環○(萬國式試視力表視標 2.0)であつて、直径 4 mm のものを用ひ、環の切れ目は上下左右及び斜めの 8 種であつた。この視標は實驗の都度一つ宛露出せられ、識別が終ると別のものと取替へられる。

視標は上側 3.5 cm の所から 45° の角度で斜に電燈(ハ)(40 watt, 100 volt)で照らされ、しかも電燈は直接眼に映ぜぬやう黑色の被蓋(ニ)にて隠されてゐる。この電燈の照度は、之に接続した抵抗器(ホ)の

操作によつて、適宜變更せしめられる。

刺戟用衝立の手前、被験者の眼から 100 cm の場所には、第二の衝立（乙）が立てられる。この衝立の板（ト）の中央、眼の高さの所には、直徑 2.6 cm の圓形の窓があり、茲に所定のボイル幕が挿入せられてゐる。被験者は、このボイル幕を通して、前記の視標の切れ目の方向を識別するのである。ボイル幕の経緯糸は 1 cm につき約 22 本の割合で織られて居り、糸の太さは大體 150 番手位で、殆んどケバはない。ボイル幕も亦た上側 3.5 cm の所から 45° の角度で斜に電燈（チ）（40 watt, 若くは 60 watt, 100 volt）によつて照明せられ、その照度は抵抗器（ヌ）の操作によつて適當に調節せられる。この電燈も被蓋（リ）を以つて眼から隠されてゐる。

このボイル幕用衝立には、脚部に四箇の移動用滑車（ル）が附いて居り、任意に刺戟用衝立並びに被験者の眼に對する距離を變化することが出来る仕組であるが、第二實驗では、その位置は固定されたまゝであつた。

被験者の眼前 20 cm の場所には、覗き穴のある第三の衝立（丙）があり、被験者は板面（ヨ）の中央部の覗き穴（カ）を通して、視標を読む。この衝立は被験者の視野を暗く保つ爲のものであつて、覗き穴も小さく、ボイル幕越しに遙に視標を望み得る程度に過ぎなかつた。

なほ、實驗臺の端には顔面固定器（丁）が取付けられ、被験者が之に顔をつけて眼の位置を動かさぬやうに、設備せられてゐた。

（ハ） 實 驗 方 法

方 法 被験者を暗室に入れて椅座せしめ、眼の慣れたる頃を見計らつて、實驗に取りかゝる。

被験者は顔面固定器に顔をつけ、左又は右の單眼にて、覗き穴から直線的にボイル幕越しに視標を眺め得られる位置に首を据える。

視標は一定の照度にて照らされ、その明るさは變化しない。然し、手前のボイル幕面の照度が比較的到大である爲に、その視面に光幕が結ばれて、最初の間は視標は全く隠されてゐる。實驗者が抵抗器（ヌ）を操作してボイル幕面の照度を、極小變化法によつて、一定度だけ引下げると、漸く視標の所在が解り、今少し引下げると、視標の環が見え、更に僅か引下げると、始めて環の切れ目が見分けられるやうになる。か

くて、この際のボイル幕の照度を、假りに、電流抵抗器の目盛に従つて測つて置く。

この種の實驗を左右兩眼につき8回宛二日繰返す。

次に、視標の照度を一定程度だけ變化し、視標を辛うじて識別し得る場合のボイル幕の照度を、上と同様に測定する。

かくの如くにして、各種の視標照度に於る視標の識別換言すれば光幕の透視に必要なボイル幕照度の割合（即ち相對照度）を定め、之によつて光幕成立の一條件を確めるのである。

而して、我々が用ひた視標の標準照度は、下の4種であり、夫々に對して必要な相對照度が求められた。

	抵抗器(ホ)の目盛	視標上の實測照度
(1)	30° (40 watt)	5 lux
(2)	40° (")	22 "
(3)	55° (")	122 "
(4)	70° (")	340 "

なほ、別に、追證實驗に於ては、次の2種が追加せられた。

(5)	62° (但し 60 watt)	250 lux
(6)	75° (" ")	520 "

(二) 被 験 者

成人男女⁽²⁰⁾10名。但し追證實驗に在ては8名、孰れも健眼若くは眼鏡にて補正す。實驗は昭和九年より十年に亘つて實施せられた。

(2) 實 驗 結 果

(1) 電流抵抗度と照度との關係 (豫備實驗)

本實驗に入るに先立ち、我々は操作すべき抵抗器の目盛と照度との關係を測定した。蓋し、視標若くはボイル幕の照度をその都度實測することは、頗る手数を要

(20) この中1名は70°の實驗が不能であつたために、後に到つて除外せられた。

し、面倒であるので、豫め抵抗度と照度との關係を測定し置き、抵抗器の目盛から直ちにその場合の照度を推算せんが爲である。

我々が使用した抵抗器（ホ及びヌ）は、兩箇とも、Siemens 會社製作單式摺動型抵抗器(130 Ohm, 1.3 Amp.)であるが、回路全開(即ち抵抗最大)の場合を 0° 、全閉(即ち抵抗皆無)の場合を 100° とし、便宜抵抗コイルの長さを百分し、40 watt 並びに 60 watt のマツダ瓦斯入艶消電球に 100 volt の電流を通じた際、 45° の角度を以て光源から 3.5 cm 離れた場所での照度を、抵抗コイルの各目盛につき、Mecbeth 氏照度計を用ひて、測定して見たが、第13表の如くであつた。

第 13 表 電流抵抗度と照度との關係

(イ) 40 watt lamp

抵抗器指數	0°	30°	40°	55°	70°	$82^\circ 6'$
照 度 (lux)	0	5	22	122	342	644

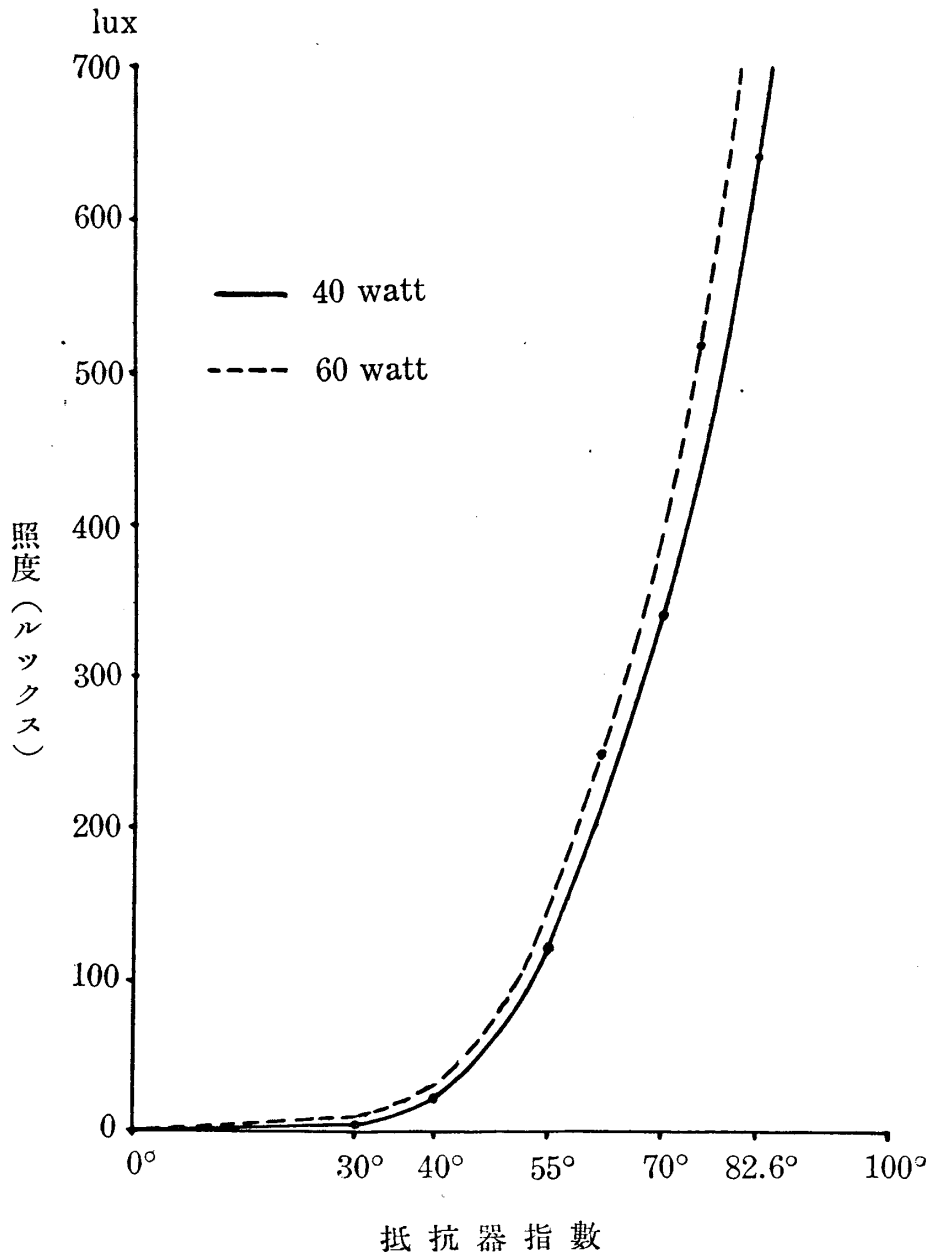
(ロ) 60 watt lamp

抵抗器指數	0°	40°	62°	75°
照 度 (lux)	0	30	250	520

この結果によると、40 watt の場合でも、60 watt の場合でも、電球の照度（従つてまた輝度）は、回路中に挿入せられる抵抗コイルの長さの短縮、換言すれば抵抗器指數の増加につれ、最初は緩漫に、後には急激に増大し、甚だ規則正しき凹狀の對數曲線を描いて上昇してゐる。

而して、60 watt の曲線は、その形狀は頗る 40 watt のそれと近似し、しかも常に幾分照度が大である。

我々は、かゝる關係曲線を得たことによつて、今後この抵抗器の目盛の種々の場所に於る照度を、次の曲線圖上に探索して、大體の推算を下すことが出来る。例へば、40 watt の電球に 100 volt の電流を通じ、抵抗器の指數を 50° に調節した場合、視標若くはボイル幕上の照度は約 75 lux であり、またその指數を 60° に變ずれば、照度は大凡 185 lux に變ずるが如きことを、一々實測を要せずして、推定することが出来るのである。



第 16 圖 電流抵抗度と照度との關係

(口) 結幕限界に於る相對照度

視標の照度と、光幕結成に必要な最低幕照度との關係を確めるために、前述の

第14表 結幕限界に於る相對照度 (40 watt)

被験者	視標照度	70°	55°	40°
A		83.87	64.18	45.93
B		79.14	62.56	44.78
C		81.81	62.43	44.48
D		85.75	63.43	41.50
E		75.12	58.06	44.25
F		87.25	62.56	43.06
G		83.75	57.37	38.43
H		85.43	59.93	42.25
I		81.44	61.87	44.12
平均		82.62	61.37	43.20
平均 錯差		2.87	1.95	1.68

表中の數字は左右兩眼各8回二日間の成績の平均値を示す

計畫に従ひ、視標照度を一定（抵抗器指數 70°, 55°, 40°）に保ち、夫々の場合に於て、光幕性を失ふに到る限度のボイル幕の照度、即ち視標を辛うじて透視し得る程度の幕照度を、同じく抵抗器指數に就て計測するに、第14表の如くである。

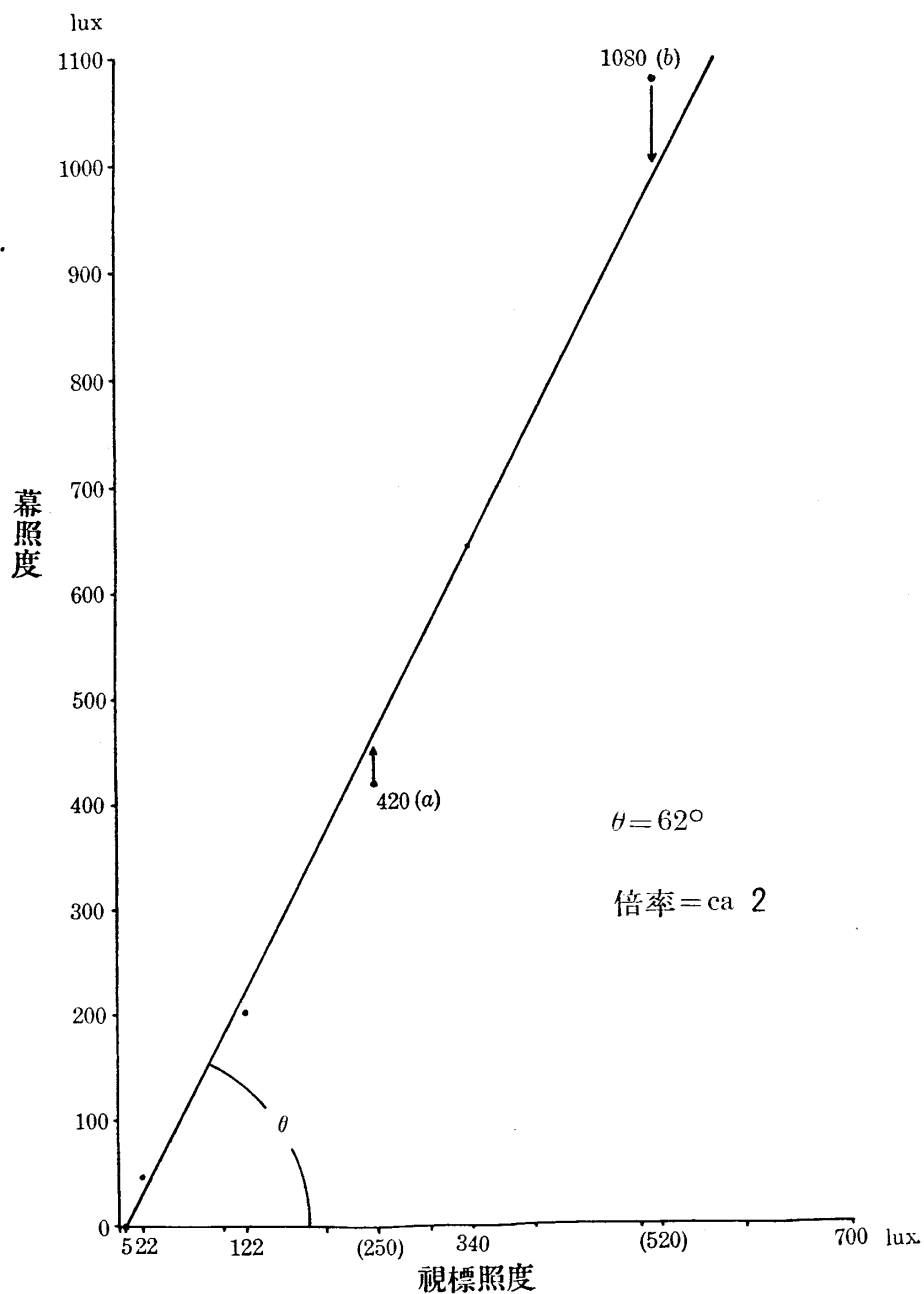
第14表によれば、各被験者の絶対成績には多少の差異はあるが、視標照度の増減

第15表 幕照度 0° の場合の視標照度 (40 watt)

被験者	幕照度 0°
A	23.66
B	41.50
C	26.75
D	23.62
E	30.37
F	30.75
G	29.87
H	29.87
I	26.12
平均	29.16
平均 錯差	3.67

に伴ふ幕照度の變化關係には著しい矛盾はなく、略々同様に傾向を示してゐるやうである。

なほ、之に關聯して、幕照度 0° (0 lux) の場合に、視標を透視する爲に元來ど



第 17 圖 相對照度と光幕との關係 (すだれ現象)

の程度の視標照度が要求せられるかを測定して見ると、前掲の第15表の如くであつて、平均照度 29.16° (約 5 lux) が最小限度必要であることが認められる。

第 16 表 結幕限界に於る相対照度 (40 watt)

視 標 照 度		幕 照 度		倍 率
抵抗器指数	lux	抵抗器指数	lux	
29.16°	5	0°	0	ca 2 + 2 - 2 -
40°	22	43.20°	47	
55°	122	61.37°	204	
70°	340	82.62°	644	

今、兩表の結果を綜合し、しかも全員の平均成績に就き、抵抗器の指數を夫々 lux に換算し(前掲第 16 圖参照)、視標照度と幕照度とを直接に對照して見ると、第 16 表の如くであつて、兩種照度の間には頗る規則正しい關係が存在して居り、視標照度の増加につれて、結幕限界の幕照度は常に約 2 倍の倍率を以て増加し行き、兩者の相關線は略々 62° の角度を保つ一直線を形作ることが明白である。(第 17 圖参照)。

(ハ) 實 験 の 追 證

第 17 表 結幕限界に於る相対照度 (追證實験)
(60 watt)

被験者	視標照度	75°	62°
A		93.56	82.44
B		92.68	84.56
C		92.43	82.00
D		93.62	80.62
E		83.25	74.06
F		90.43	82.68
G		92.25	80.12
H		93.93	78.25
平 均		91.51	80.59
平 均 錯 差		2.33	2.33

次に、上の結果を追証する目的を以て、視標の照明は元の儘 (40 watt, 100 volt) とし、ボイル幕の照明は殊更ら燭光を増し (60 watt, 100 volt)、しかも視標照度 62° (250 lux) 及び 75° (520 lux) の二種の場合に於て、視標透視に要する幕照度は如何になるかを窺ふに、前の第17表の通りである。⁽²¹⁾

先の例に倣ひ、前表の成績を lux に換算し、視標照度と幕照度との関係を對照して見ると、下の第18表の如くであつて、この追証實驗に於ても、亦た先と同様に、光幕を成立せしめて視標の透視を妨碍するためには、視標の照度に比して約2倍の照度の光がボイル幕に對して與へられるべきことが明白である。

第 18 表 結幕限界に於る相對照度 (追証實驗)
(60 watt)

視 標 照 度		幕 照 度		倍 率
抵抗器指數 (40 watt)	lux	抵抗器指數 (60 watt)	lux	
62°	250	80.59°	420	Ca 2 -
75°	520	91.51°	1080	2 +

従つて、これ等の関係を前掲第17圖中にプロットし、先に得たる相關線中に interpolate 並びに extrapolate すれば、a 點及び b 點の如くであつて、些少のずれはあるが、大體、 62° の角度の直線上に乗るものゝやうである。

かくて、前項所載の相對照度標準は、大體に於て、妥當なるものと認め得べく、この種のボイル幕に關する限り、視標照度に比して2倍以上の照度が與へられる時には光幕が結成せられ、幕照度がこの限度以下に下る時には光幕が破れて透視せられるに到ると云ふことが出来るのである。

(二) 兩 眼 の 比 較

尙ほ、これ等の被験者に於て、左右兩眼の間に、相對照度に關して何等かの差異があるかを見るに、第19表の如くである。

この表の數字は孰れも抵抗器指數を示したものであるが、左右兩眼の數字は略々相等しく、全員を平均すれば、左右大差なしと見做され得る。従つて、是等を lux に換算せずとも、結幕限界の相對照度に關しては、左右兩眼の間には殆んど差異が

(21) この追証實驗に於ては、被験者數 1 名を減じた。實驗の回数は左右兩眼各 8 回、各人二日宛反覆施行せられた。

なく、一樣に2の倍率を維持すると断定しても、何等差支へは無い。

第19表 左右兩眼の比較 (40 watt)

視標 照度 單眼 被験者	70°		55°		40°	
	右	左	右	左	右	左
A	84.12	83.62	63.75	64.62	45.37	46.50
B	80.28	78.00	64.25	60.87	46.00	43.57
C	81.62	82.12	63.25	61.62	44.62	44.25
D	86.87	84.62	66.00	60.87	41.12	41.87
E	72.12	78.12	53.25	62.87	42.12	46.37
F	85.62	88.87	61.75	63.37	42.00	44.12
G	83.75	83.75	57.37	57.37	35.50	41.37
H	88.25	82.62	61.25	58.62	41.50	43.00
I	81.50	81.38	62.75	61.00	44.25	44.00
平均	82.68	82.56	61.51	61.24	42.50	43.89

(ホ) 結果の實踐的考察

第二實驗の結果から、我々は實踐的に次の諸點に關して暗示を得た。

- 1 我々の用ひたボイル幕は、既述の條件下では、視標に對して2倍以上の照度を有する時、光幕性を帯び、照度が2倍以下となる時は、光幕性を喪ふことが確められたが、この種の手法を以て諸種の層若くは幕の結幕的相對照度を測定し、其倍率を確定し置くことは可能であり、また必要であること。
- 2 従つて、一定の對象を一定の層若くは幕を以て遮蔽せんとする場合、對象の照度に應じて層若くは幕の照度を調節し、また逆に層若くは幕の照度に對して對象の照度を調節して、容易にその目的を達することが出来ること。
- 3 また、反對に、一定の層若くは幕を通して一定の對象を透視せんとする場合、層若くは幕の照度を相對標準以下に低めるか、對象の照度を相對標準以上に高めるか、何等かの工作を施すことによつて、その目的を果たすことが出来ること。

これ等に對する先決問題として、我々は今後代表的な層若くは幕に就き、相對照度に關する標準を究明設定し置くことが肝要であることを信ずるものである。

IV 第三實驗：結幕距離の問題

(1) 計 畫

(イ) 目 的

光幕現象は、光幕たるべき物質層の眼並びに對象への距離關係によつて、大に異なる所がある。同一の層でも、距離の如何によつて、光幕となつたり、ならなかつたり、またその結幕條件を異にする。殊に、粗布、網、簾、格子、其他一般に隙間を有する組織に在ては、眼並びに對象への距離關係が光幕の結成に對して、頗る力強い規定をなす傾がある。

今、對象への關係は暫く措き、眼に對する距離關係に就き考察するに、層若くは組織の距離は、その結幕性に對して、二重の相反する規定を與へるものゝやうである。

- 1 光幕の結成上、眼への接近を有利とする如き條件群
- 2 眼からの離隔を有利とする如き條件群

前者の中主なるものとしては、接近に伴ふ層若くは組織の明るさの増加を擧げねばならない。即ち、層若くは組織のもつ光量は距離の二乗に逆比例して變化するから、層若くは組織は、眼に近づくにつれて、光學的に強度を増し來ると考へられる。例へば、霧は一般に遠方の部分より近くの部分が遮蔽作用が強く、煙に接近すると比較的に見透しが利かなくなるのなどは、すべてこの種の條件に基くのである。

この種の條件は通常層若くは組織に一般的な條件であるが、特殊の層若くは組織に於ては、第二の條件群が寧ろ有利に働き、眼への接近につれて、既成の光幕が破れるに到る場合がある。殊に層若くは組織が眼の近點附近に迄近寄る場合には、この種の條件が可成り力強く作用するに到るものである。例へば、簾越しに物を觀る際、眼を簾に近寄せると透視が出来るのに、眼を遠くへ離して眺めると、幕作用が現れて視透が利かなくなることがある。埃まぶれの眼鏡でも、掛けてゐる裡は左程氣にも止まらないが、外して見ると曇硝子のやうに眞白に汚れてゐるのを發見することがある。また、ヴェールに包まれた人の顔は他からは判然としないけれども、自分でヴェールを被つて見ると、さまで不自由もなく物が見えるのなども、その一例である。

遠方では透視の利かないこの種の幕が、近寄せると何故に光幕性を減ずるかといふに、その原因は種々あらうが、主なるものとして、視野に映る光幕濃度、即ち一定單位視面積當りの結構の緻密性が眼への距離の二乗に正比例して増減することに由

るらしく思はれる。この種の現象は目又は紋様 pattern を有する組織に於て特に著しいやうである。

尤も、これ等以外に、幕の移動によつて、幕面の反射状態に變化が生じたり、光幕と對象との對比に異同を招いたりすることなども、もとより多少の關係はあるであらうが、前記の二條件はそれ等の最たるものであり、しかも層若くは組織の性質構造に従ひ、またそれらに與へられる照明状態に應じて、これらの諸條件の働き方に相異があり、結局、特定の層若くは組織は、これ等の諸條件に規定せられて、光幕を結ぶのに最適な結幕距離を有するらしく思はれるのである。

但し、光幕たるべき層若くは組織が厚く、又は緻密であり、或は之に與へられる光が強く、夫々一定の限度を超へる場合には、その結幕性は絶対であつて、眼からの距離は何等問題とはならなくなる。例へば、金屬板、木板、摺硝子等では、大抵の場合、嚴重な幕を結んでゐて、いくら視距離を變へて見ても、到底透視が出来ない。

また、反對に透視性が豊富な物質層では、如何程視距離を加減しても、それ丈けでは、光幕を結ぶやうなことはない。例へば、清水、空氣、透明硝子等は、特別の場合を除けば、距離の關係によつて光幕の成否が定まるといふやうなことは無いやうである。

然し乍ら、一般の層特に眼に見える構造をもつ組織では、前記の相反する條件群が交錯して働き、結局は接近若くは離隔の孰れかを比較的有利とし、また光幕を結ぶに好都合な距離を特有するのである。

この結幕距離は、層若くは組織の性質、厚さ、濃さ、構造等によつても、夫々異なるが、更にまた透視すべき視覺的對象そのものゝ明るさによつても、大に異なる所がある。即ち、一定の照度をもつ一定の幕に在つては、對象照度の如何に従つて、その結幕距離に大差を生ずるものである。

茲に於てか、我々は、前掲相對照度に關する實驗の延長として、次の問題を採擇し、光幕の研究に資することとした。

- 1 我々の用ひたボイル幕に於ては、前記の條件群の孰れが、光幕現象に對して比較的強く規定を及ぼしてゐるか。或は、如何なる場合に、接近と離隔の孰れが光幕の結成（若くは破滅）に有利であるか。
- 2 またこのボイル幕に於て、視標照度の變化に應じて、結幕距離の限界が如何に移動するか。

(口) 實 驗 設 備

用具及び装置 前掲第二實驗と同じ。

たゞ刺戟用衝立(甲)を200 cmの所に固定したること、ポイル幕用衝立(乙)を脚下の滑車(ル)によつて適宜の範圍移行せしめたこと等に相違がある。

視標を照らす電燈(ハ)には、依然として、40 watt, 100 volt の電球を用ひ、抵抗器(ホ)の操作によつて、その照度を種々に變更したが、ポイル幕を照らす電燈(チ)には60 watt, 100 volt の電球を用ひ、抵抗器指數は75°(幕面の照度520 lux)に一定した。

(ハ) 實 験 方 法

方法 透視すべきポイル幕面の照度(520 lux)は一定し置き、識別すべき視標の照度を下の5段に變化し、夫々に對するポイル幕の結幕距離を測定する。

	抵抗器指數	視標照度
(1)	40°	22 lux
(2)	45°	44 "
(3)	50°	75 "
(4)	55°	122 "
(5)	60°	185 "

結幕距離の測定には、次の如き方法を用ひた。即ち、ポイル幕を眼と視標との間、眼の直前適當なる場所に置き、之を520 luxの照度で照らして光幕を結ばせる。

この際、被験者は光幕のために透視を妨げられ、視標を全く識別し得ない状態に在る。

次に、極小變化法によつて、ポイル幕用衝立を被験者から視標の方へ徐々に遠去けると、最初は視標の窓が、次には視標の所在が、一層近寄れば視標の環が、而して最後には視標の環の切れ目が識別出来るやうになる。この際の幕の被験者の眼からの距離を、衝立脚下の指針の位置に徴して、讀取るのである。この距離が乃ちこの場合の結幕距離に當る。⁽²²⁾

かくの如くにして、(1)より(5)へ、若くは(5)より(1)へ、夫々8回宛の實驗を、左右兩眼に就き繰返し、各人2日に亘つて測定を重ねたのである。

(22) 結幕距離は、また逆に考へると、既存の光幕の破幕距離でもある。

(二) 被 験 者

第二實驗に使用した被験者中、A, O の二名及び新しく参加した被験者 I, M の二名。合計 4 名。孰れも成年健康者である。

(2) 實 驗 結 果

(イ) 視標照度と結幕距離との關係

前記五種の視標照度に於るボイル幕の結幕距離を、4 名の被験者につき表示すれば、第 20 表の如くである。(表中の數字は各人左右兩眼各 8 回 2 日間の成績の平均値を示し、光幕効果の喪はれる際のボイル幕の被験者からの距離 (單位 cm) を現してゐる)。

第 20 表 視標照度と結幕距離との關係

視標照度 被 験 者 lux	40°	45°	50°	55°	60°
A	57.2 *	60.6	49.7	44.3	36.3
I	67.8	60.7	57.2	46.1	42.0
O	63.8	57.7	44.8	30.3	**
M	72.2	57.4	48.5	41.7	36.5
平 均	65.25	59.10	50.05	40.60	38.27

* Subj. A のこの成績は、他の場合と比較して、少々低小に過ぎる觀がある。之は 8 回の實驗中 3 回だけ著しく低小なる値を示した場合があつた爲である。従つて、理論上、今少し大なる平均値を得べき筈であつて、推算距離は大約 70 cm 位であるべきであらう。

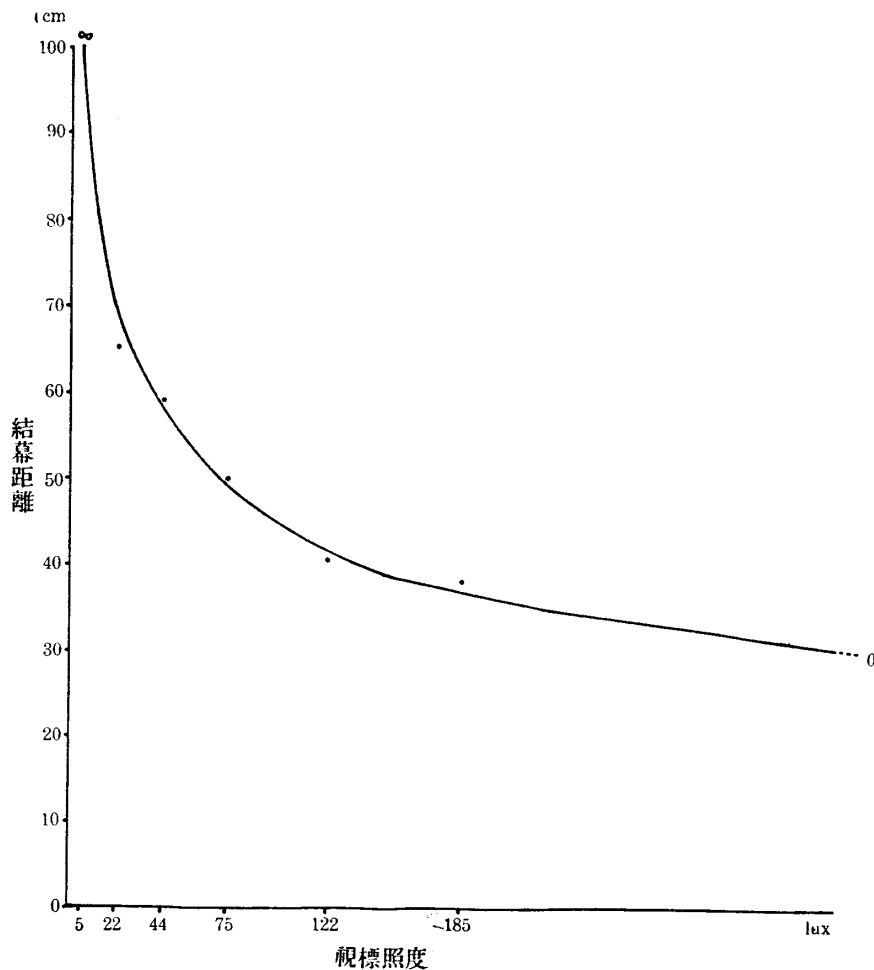
** Subj. O は、この場合、8 回の實驗中備に 1 回 43.0 の値を示したのみで、他はすべて最後迄光幕を透視し得なかつた。従つて、之を除外して、他の三名のみにつき平均値を求めることとした。

この結果によれば、ボイル幕の結幕距離は透視すべき對象の照度の大小によつて

異なるものゝ如く、視標照度 22 lux の場合には、65.25 cm の所までボイル幕を離隔すれば、光幕が破れるものが、視標照度が増し、例へば 185 lux となる場合には、更に眼に近く、僅に 38.27 cm の邊までボイル幕を遠去けただけで、光幕がその效力を喪ふに到るのである。

また、視標照度を 5 lux に低めると、光幕性は絶対となり、幕距離の如何に拘らず、視標を全く透視し得ない。逆に、視標照度を高め、500 lux とする時は、光幕性は消失し、幕距離の如何を問はず、視標は明瞭に識別し得られる。即ち、視標照度 5 lux の場合は結幕距離は極大であり、500 lux の場合は極小であると考ふべきである。

試みに、以上の結果を圖示すると、視標照度と結幕距離との間には、正に第18圖の如き関係があることが明である。



第 18 圖 視標照度と結幕距離との関係

第18圖の結果から、次の二の事實が見出される。

- (1) 第三實驗の條件範圍に於ては、既述の二種の條件群中、第一種の條件群が比較的強く規定を及ぼしてゐるらしく、一定照度をもつボイル幕は眼に接近すると光幕を結び、眼からある程度離隔すると光幕性を喪ふことが認められる。
- 之は、専ら、ボイル幕そのものゝ絶対光量が變化するためであるらしく、被験者の體驗報告によるも、接近につれて幕面が明るさを増し、離隔と共に明るさを減ずることは明白である。
- 但し、ボイル幕が眼の近點附近に迄接近せしめられた場合に、この關係が如何になるかは、如上の結果からは解らない。⁽²³⁾
- (2) 結幕距離は視標照度の増加につれて低減し、しかも最初は急激に、後には漸次緩漫に、縮少するものと見做すべく、視標が暗く、従つて幕の相對照度が大なる場合には、相當に遠方迄離隔しなくては、光幕は破れないが、視標照度が増し、従つて幕の相對照度が減ずると、少しばかり遠去けただけでも光幕を透視し得るに到るものである。換言すれば、視標照度が低く、光幕効果の著しい場合には、比較的遠方までも光幕性が維持せられるが、視標が明るく、そのために光幕性が乏しい場合には、幕を可成り近附けなくては光幕を結び難いといふことになる。
- しかも、この接近若くは離隔は、現象的には、幕の相對照度の増減に外ならぬものであるから、此の第二の事實は、畢竟、前記の第一の事實の反面を示せるものと考ふべきであらう。

(ロ) 幕照度と結幕距離との關係

なほ、幕照度そのものゝ増減に伴ひ結幕距離に如何なる變化を生ずるかも、興味深き問題であるが、之に關する實驗は目下繼續中であるので、不日完了を俟つて報告することにする。

たゞ、前掲第二實驗の結果に徴するも、光幕効果は視標と幕との相對照度に依存するものであるから、視標照度の増減による結幕距離の變化關係から、逆に幕照度そのものゝ増減に伴ふ結幕距離の變化關係をも推知し得べきであり、必ずしも實驗に俟つを要せずして、相當に解明し得べき筈である。

(23) 之に關しては、目下別種の實驗が進行中であるから、次の機會に之を報告することにする。

(ハ) 結果の實踐的考察

第三實驗の結果から、我々は光幕工作に關して、次の示唆を得る。

- (1) 光幕の結成によつて視覺を妨碍せんとする場合、對象の照度を低め、若くは幕照度を高めることも、もとより必要であるが、幕距離を適當に調節することも相當に肝要である。即ち幕を觀察者の前へ一定範圍近寄せることは、光幕効果を増す所以になる場合がある。
- (2) 結成されたる光幕を透視して觀測の目的を達せんとする場合、幕からの離隔、若くは幕そのものを遠ざけることによつて、その光幕性を弱め、比較的容易に之を透視し得るに到ることがある。但し、光幕性が著しく強大若くは微弱なる場合には、距離の如何は何等の影響をも及ぼさない。

V 第四實驗：光幕と奥行知覺

(1) 計 畫

(イ) 目 的

奥行ある事物若くは事物相互の遠近關係を觀望する場合に、視線の中途に何等かの透視性の面が介在すると、奥行（若くは遠近）の知覺に變化が生じて、面なき場合とは空間的關係が異つて見えるのを免れないものである。⁽²⁴⁾

意識的な面の介在は、一般に、面の背後の眺望を平板化し、奥行（若くは遠近）を減殺する傾がある。洋畫家はこの事實を経験的に知つてゐる爲に、額縁に硝子板を嵌めることを好まない。折角苦心した描畫の遠近效果の喪はれることを慮れるが故である。

尤も、面が透明でしかもその存在に氣付かないやうな場合には、たとひ客觀的には面が在つても、別に奥行知覺には變化は無い。然し、その面が表面反射をもつとか、特殊の構造を有するとか、其他背後の事物とは違つた特色を呈して居り、獨立の存在として意識せられるやうな場合には、奥行知覺には可成り著しい變化が生ずる。この際、奥行知覺の變化は、面の獨立性即ち面の介在を意識する程度に依存するやうに思はれる。⁽²⁵⁾

詳しく云へば、面の獨立性が稀薄な間は殆んど認めらるべき影響はなく、面の獨立性が増すにつれて、漸次幕作用が著しくなり、之によつて奥行が比較的短縮して見え、しかも視點を事物に置けば奥行は幾分深く、之を面に移せば奥行が多少縮まる等の變化を生じ、更に面の獨立性が強くなると、事物は平板化し、遂には單なる面の背景となつて無記 indifferent となり、若くは面の裡に全く融合して對象性を喪ふに到るものである。かくて、事物はそれ自身の奥行を失ふばかりでなく、面からの間隔をも無くするに到り、面に組織紋様等がある場合には、寧ろそれ等の間隙の「埋め草」と化し、また面が等質の場合には、謂はゞその下の「生地」と變じて、面の形態 Gestalt 中に埋没浸潤して了ふのである。

然るに、光幕現象も、畢竟、視線の中途に一種の面が成立することに外ならぬも

(24) この際奥行（若くは遠近）のみならず、挿入される面の状態によつては、事物の空間位置 Raumlage 全般に變化を生ずることもある。例へば、面が傾斜したり歪曲したりしてゐる場合などは、背後の事物は全然異つて知覺されることがある。

(25) 淡路圓治郎、辻村泰男「窓硝子の存在及び傾斜の目測に及ぼす影響に就て」、航空研究所彙報、第 136 號、昭和十年十二月發行、參照。

のであり、しかも一般の透視性の面に比して、この場合は面の独立性即ち面の介在を意識せしめる程度は遙に大であるから、之を通して幕の背後を眺める際には、當然、可成りの奥行（若くは遠近）の減殺が起り得べき筈である。

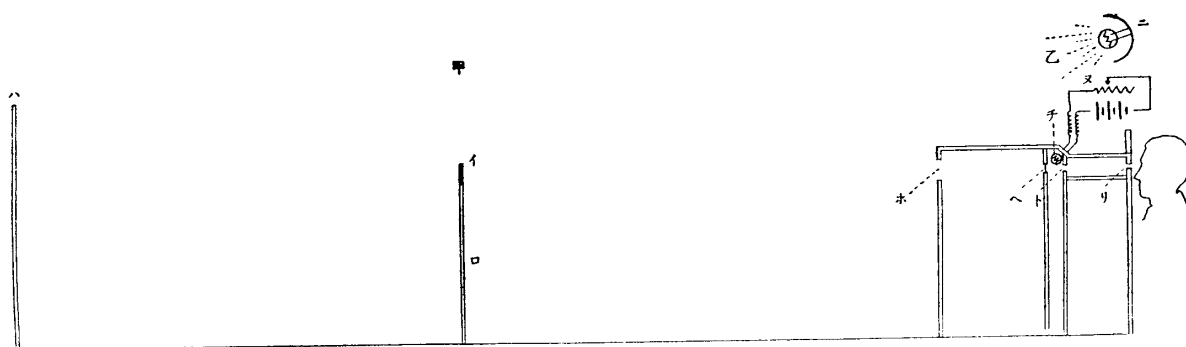
かくて、我々は、第四實驗に於ては、光幕と奥行知覺の關係を研究課題として採擇し、光幕の結成によつて奥行の知覺に如何なる變化が生ずるか、また光幕の強度、換言すれば、幕照度の大小が奥行知覺の變化の上に如何に影響するかを探究することにした。

(口) 實 驗 設 備

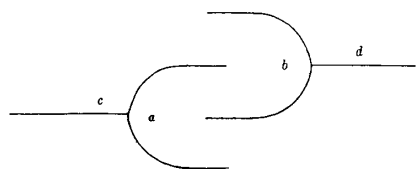
用具 覗き用暗箱、ボイル幕（前出のもの）、奥行知覺装置、背景用衝立、照明装置、其他。

装置 本實驗に用ひた装置は二の部分から成る。

被験者の眼から 350 cm 離れた場所に白色無地の背景衝立（ハ）を直立せしめ、その前方 140 cm（従つて被験者からは 210 cm）の箇所に、奥行知覺装置（甲）を設ける。奥行知覺装置の主要部分（イ）は、馬蹄型の針金製遊標（線の太さ 1.8 mm、兩脚の幅 6.7 cm、馬蹄部の長さ 6.3 cm のもの）



第 19 圖 第四實驗設備



第 20 圖

二箇を喰違ひに組合はせ、（第 20 圖 a 及び b）、夫々を針金の脚（太さ 4 mm）によつて眼の高さに保つたもので、左（c）右（d）の遊標の執れかをもその位置に固定し置き、他方をその前方若くは後方から、極小變化法によつて、少し宛移動せしめ、兩遊標（a 及び b）が視覺上等距離となり一平面

を形作つたと覺しき點を判斷せしめるのである。この際、被験者は覗き用暗箱のスリットを通して眺めるのであるから、遊標 (a, b) 及びその脚の一部分 (c, d) が見えるのみである。

なほ、この奥行知覺装置は、被験者の頭上の寫真用電燈 (=) から投射される強い光によつて照明せられ、その明るさは常恒である。(背景用衝立中央部に於る照度は 250 lux に一定せられた)。

覗き用暗箱(乙)は三箇の暗箱部分から成立つてゐる。被験者は覗き窓(リ) (3×9 cm) に顔を當て、双眼視によつて、暗箱中央部のボイル幕(へ) (既述のもの) を通し若くはボイル幕無しに、その背後の遊標の平面判斷を試みるのである。

ボイル幕(へ)は被験者の眼から 25 cm の距離に在り、3 cm 上方から 60 watt チューブ電球(チ)によつて、45°の投射角を以て照明せられ、その照度は抵抗器(ヌ)の操作によつて適宜増減せしめられる。

電燈(=)及び電燈(チ)の光が直接眼に入ることを防ぐために、覗き窓(リ)の前には長方形の暗筒をつけ、被験者はスリット(ト) (3×8 cm) を通してボイル幕を目にするやうに工夫した。

また、電燈(=)の光がボイル幕(へ)に反射するのを避けるために、ボイル幕の背後にも暗箱ををつけ、スリット(ホ) (7.5×12 cm) を通して奥行知覺装置が眺められるやうに設備した。

なほ、(リ)(ト)の距離は 20 cm, (ト)(へ)は 5 cm, (へ)(ホ)は 35 cm, (ホ)(イ)は 150 cm であり、また(イ)(ハ)は 140 cm であつて、(リ)(ハ)間の全長が 350 cm に達することは既述の通りである。

(ハ) 實 験 方 法

方法 被験者を暗室に入れて椅座せしめ、眼の暗に慣れたるを確めたる後、覗き窓を双眼視にて覗かせる。

ボイル幕の照度を下のS段階に變化せしめ、夫々の場合に就き實驗を試みた。

	抵抗器目盛	幕照度 (lux)
(1)	0°	0 ⁽²⁶⁾

(26) 理論的には、この場合の照度は 0 であるべきであるが、實驗装置上、奥行知覺装置及び背景からの反射光が些少乍らあるために、10 lux 以下の照明がボイル幕の背面に當つてゐたやうである。尤も、被験者の側からは到底それ程の照度は感ぜられないから、假に 0 lux として置くことにする。

(2)	40°	30
(3)	50°	90
(4)	60°	180
(5)	65°	240
(6)	69°	300
(7)	74°	440
(8)	77°	540

なほ、この他に、ボイル幕を取外した場合も加へられた。

是等の場合に於て、奥行知覚装置の一方の遊標をその位置（被験者から 210 cm の箇所）に固定し、之を標準と定め、他方をその前方若くは後方 60 cm の所から、徐々に、極小變化法によつて固定遊標に近寄せ、⁽²⁷⁾ 兩者を等距離と判断し得たる場合の、兩遊標の實際距離を測るのである。（移動遊標が近い場合を -、遠い場合を + とする）。

實驗は各種 8 回宛繰返された。

(二) 被 験 者

成人男子 6 名。健眼若くは眼鏡にて補正す。

實驗は昭和十年秋に實施せられた。

(2) 實 験 結 果

(イ) 幕照度と奥行知覚との關係

各種のボイル幕照度の場合に於る、6 名の被験者の遊標距離判断の誤差、即ち兩遊標の客觀的距離を、全員 8 回の實驗成績に基き、平均すると、次の第 21 表の如くである。（表中の數字は mm を示す）。

この表に従へば、ボイル幕なき場合には、距離の誤差は頗る小さく、奥行知覚は略々正確に行はれるが、ボイル幕の介在によつて距離の誤差が増し、しかもその照度が増加しボイル幕が光幕性を増大するにつれて、誤差の量も漸増し、奥行知覚が極めて不正確に流れ來ることが察せられる。

然らば、幕の存在若くはその光幕性の増大は、果して如何なる意味に於て奥行知

(27) この際、移動遊標は被験者の要求に従ひ適宜逆行することを許容する。

第 21 表 幕照度と奥行知覺との關係 (8 回實驗成績の算術平均)

抵抗器指數 照度 (lux) 被験者	幕なし	0°	40°	50°	60°	65°	69°	74°	77°
		10	30	90	180	240	300	440	540
A	4	35	26	35	40	59	91	127	213
B	1	21	18	27	56	60	69	107	121
C	1	13	10	18	33	41	61	86	111
D	1	16	10	14	21	22	39	70	108
E	2	18	13	24	31	44	52	82	147
F	4	19	33	42	51	62	63	88	133
平均	2.1	20.3	18.3	26.6	38.6	48.0	62.5	93.3	138.8
平均 錯 差	1.1	5.0	7.3	8.3	10.3	12.3	11.8	15.7	27.5

表中の數字は mm を示す。(以下同様)。

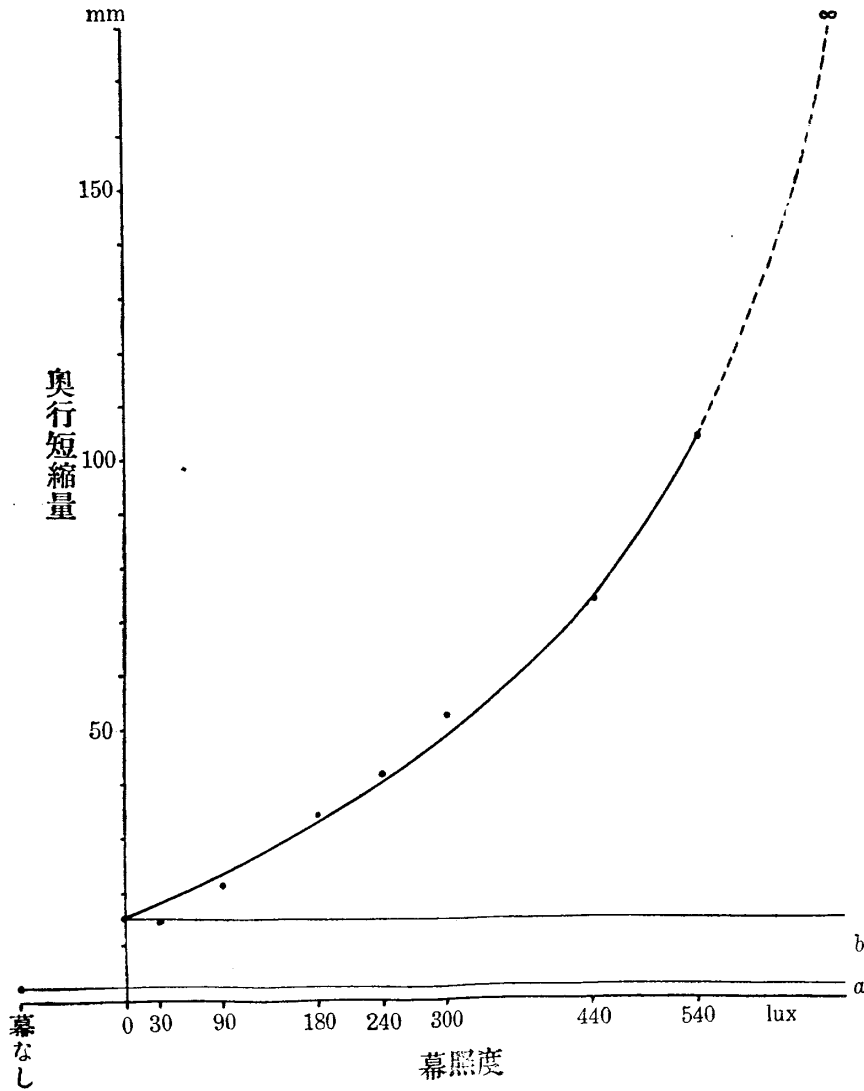
覺を不正確ならしめるのであらうか。この問題を解明するために、我々は上記の資料を再訂し、各人 8 回の實驗成績の代數平均を算出したが、その結果は第 22 表の通りである。(移動遊標の近き場合を -、遠き場合を + とすることは既述の通りである)。

第 22 表 幕照度と奥行知覺との關係 (8 回實驗成績の代數平均)

抵抗器指數 照度 (lux) 被験者	幕なし	0°	40°	50°	60°	65°	69°	74°	77°
		10	30	90	180	240	300	440	540
A	0	- 7	- 4	- 5	- 17	- 31	- 38	- 37	- 38
B	- 1	- 20	- 18	- 27	- 56	- 60	- 69	- 107	- 121
C	- 1	- 13	- 10	- 18	- 33	- 41	- 61	- 63	- 78
D	- 1	- 16	- 10	- 14	- 21	- 22	- 39	- 70	- 108
E	- 2	- 18	- 13	- 24	- 31	- 44	- 52	- 82	- 147
F	- 4	- 19	- 33	- 42	- 51	- 55	- 63	- 88	- 133
平均	- 2.5	- 15.5	- 14.7	- 21.6	- 34.8	- 42.1	- 53.7	- 74.5	- 104.1
平均 錯 差	1.1	2.2	7.3	9.3	12.5	10.8	10.7	17.8	30.8

この結果によれば、各種の照度下に於る各被験者の判断誤差は、正の方向に向く場合も皆無ではないが、一般には、負の方向に傾く場合が甚だ多く、各 8 回の実験の殆んど全部に亘つて、一の成績を示して居り、之を全部に就き平均すれば、全く除外例なしに、移動遊標の近き場合を以て等距離と見做してゐるのである。

この判断誤差の負の方向に傾くことは、取りも直さず、標準距離即ち固定遊標の距離を實際よりも過小視せることを意味するもので、奥行知覚の短縮を裏書するも



第 21 圖 幕照度と奥行知覚との関係

(28) 煩雑を避けるために、原表を省略するも、本表の数値を次の第 23 表の平均錯差値と対照して見ても、この事實は容易に認定せられる。

のに外ならない。

従つて、上の事實から、幕の存在は一般に背後の奥行を短縮して知覺せしめ、眺望を平板化する傾向があると見るべきであり、また光幕性の増大につれて奥行短縮の程度が漸増する點に鑑みれば、幕の獨立性即ち面として意識に上る度合が大であればあるだけ、眼に見える奥行は減殺する度合も著しくなると考ふべきである。

この關係を一層明にするために、これらの諸表の數字に基き、幕照度の増加に伴ふ判斷距離の誤差の増大を圖示すれば、第21圖の如くである。

この圖に明であるやうに、眼に見える奥行はボイル幕照度の増加につれて漸次短縮するが、しかも決して並行的ではない。即ち、奥行の短縮は最初は緩漫に、後には急激に、幕照度の増加に従ひ、一種の對數的關係を保つて著しくなり、殊に幕照度が一定限度に達すると共に、完全に平板化して、深さを全く喪失するに至るのである。従つて、幕照度と奥行知覺との關係を示す曲線は凹狀を呈して上昇し、一定照度に於ては ∞ に及ぶのである。

(なほ、圖中 a は遊標そのものゝ判斷に伴ふ必然的誤差量を、また b は光なきボイル幕の存在が惹起す一般的誤差量を示し、その上部の曲線が幕照度そのものゝ増減に本づく奥行知覺の變化關係を現してゐるのである)。

(口) 幕照度と奥行判斷の動搖

以上と關聯して、ボイル幕の有無竝にその照度の大小が奥行判斷の動搖性に如何なる影響を及ぼすかを見るために、各種8回の實驗に於る判斷の平均錯差を列記すると、第23表の通りである。

第23表 奥行判斷の動搖度 (8回實驗の平均錯差)

被験者	照度								
	幕なし	0°	40°	50°	60°	65°	69°	74°	77°
A	4	35	25	35	31	51	78	122	213
B	1	4	4	12	6	10	15	18	51
C	1	4	4	4	11	11	17	55	73
D	0	4	3	5	7	9	15	17	21
E	2	6	6	8	11	18	23	28	63
F	1	6	11	11	15	38	16	38	49
平均	1.5	9.8	8.8	12.5	13.5	22.8	27.3	46.3	78.3

第23表によれば、ボイル幕なき場合は、各回の成績には動揺が少く、判断は略々常恒であるらしいが、幕の介在と共に不規則となり、殊に幕照度の増加につれて、判断の動揺は著しく、奥行知覚が不確實に流れることが察せられる。

然らば、幕の存在竝に光幕性の増加は、常に奥行を短縮して平板化せしめるばかりでなく、奥行に關する判断そのものをも動揺せしめ、その信頼性を減殺すると云はねばならぬ。

(ハ) 光幕による奥行知覚の變化に就ての心理學的解釋

然らば、光幕若くは一般に透視性ある面の背後の眺望が何故に平板化し、奥行を短縮若くは喪失するのであらうか。

余の見解では、抑も光幕若くは面の意識、換言すれば光幕若くは面が獨立のものとして知覚せられることは、心理學的に見れば、一種の形態 Gestalt⁽²⁹⁾ の成立に外ならない。然るに、空間知覚に於ては、一般に、何等かの形態が成立する際には、余の所謂合一作用 Vereingestaltung が現れて、意義豊富 sinnvoll な因子は相互に關聯結合して統一ある形 Figur を組成し、意義稀薄な因子は凡べて無記化して之が地 Grund となり、しかも「形を載せた地」として何處迄も統一體に參加せんとするものである。

この合一作用は、單に平面的空間に於て見られるばかりで無く、立體的空間に於ても明に認められる。茲に論じてゐる光幕面の場合などもそれであつて、光幕（若くは一般に面）の形態の成立は同時にその背後の空間的布置をもその形態中に合一 vereingestalten することを意味して居り、今迄觀察者から相當の距りを保つてゐた事物、若くは遠近關係を藏してゐた事物の群が、この合一作用の結果として、知覺的には、夫々光幕面に吸引せられて面の所在に向つて進出し來り、最初は奥行（若くは遠近）の減殺を來たし、遂には全く光幕面中に埋沒浸潤して、奥行（若くは遠近）を喪失し、或は光幕の直後迄距離を短縮するに到るのではあるまいかと考へられる。

また逆に、照度の減小によつて光幕が稀薄となり、面としての獨立性を失ふに及んで、奥行（若くは遠近）の知覺が復活し來るのも、光幕そのものゝ形態の崩壊、從つてまた合一作用の減退によつて説明し得られるやうに思はれる。

この説明の當否は忝置き、この報告では、單に、經驗上の事實として、光幕の結成と同時に、我々の豫想に反せず、幕背後の空間的關係に變化が生じ、しかも光幕の

(29) この場合は、光幕若くは面の形態である。

強度の増大につれて、漸次奥行が短縮せられて知覺される事實があることを指摘すれば足りるのである。

(二) 單眼視に於る幕の奥行判斷に及ぼす影響

最後に、感官生理學若くは視覺心理學の教へる所によれば、奥行の知覺には双眼視が絶対に必要で、單眼視では遠近の區別は立ち難いとせられてゐる。然らば、幕照度の増加が奥行を短縮して知覺せしめる事實は双眼視の場合にのみ特有の現象であつて、單眼視の場合には奥行は元來平板化して見え、幕照度の如何によつて何等の影響をも蒙らざるべき筈である。

この推定を追證するために、第四實驗のヴェリエーションとして、前述と同一の條件方法の下に、たゞ双眼視を單眼視に改めて、兩遊標の等距離判斷を行はしめることとした。但し、この研究に於ては、各種の幕照度に関して一々實驗を重ねず、單にボイル幕なき場合と幕照度最大の場合(即ち抵抗器指數 77°, 照度 540 lux)とに就き、實驗を試みたのである。

第 24 表 單眼視に於る幕の奥行知覺に及ぼす影響

被験者	幕無き場合		77° (540 lux)	
	平均	平均錯差	平均	平均錯差
A	-31	118	-41	161
B	-87	22	-125	38
C	-196	48	-233	75
D	-81	17	-102	28
E	-114	58	-135	72
F	-103	47	-129	68
平均	-102.0	51.6	-127.5	73.6
平均錯差	35.8		38.5	

その結果は大體上の第24表に示された通りであるが、一般に距離の誤差、平均錯差量ともに頗る大きく、しかも幕なき場合と幕照度大なる場合との差は極めて僅小である。

この関係を一層明白ならしめるために、これ等二つの場合に就き、双眼視と單眼

視との成績を對照すると、第25表の如くである。

第 25 表 双眼視と單眼視との比較

幕の有無	幕なき場合		77° (540 lux)	
	平均	平均錯差	平均	平均錯差
双眼視	- 2.5	1.5	-104.1	78.3
單眼視	-102.0	51.6	-127.5	73.6

先づ、幕なき場合と幕照度 540 lux の場合とを比較するに、双眼視に於ては、幕なき場合には距離の誤差は殆んど 0 に近く、奥行知覺は頗る正確に營まれ、しかも判断の動搖の少きことが知られるが、ボイル幕を挿入し之に比較的強い光を與へると、俄然奥行が著しく短縮し、距離の知覺が不正確となり、判断そのものも不規則に流れることになる。然るに、單眼視に於ては、兩者の差は甚だ少く、幕なき場合に於て既に奥行判断が相當に不正確不規則であるので、ボイル幕の挿入によつては左迄多くの損失を蒙らない。

次に、双眼視と單眼視とを比較するに、光幕性の強い場合には兩者の差は頗る少く、偕に奥行が平板化して見えるが、幕なき場合には兩者の差は著しく、双眼視の距離短縮は僅に -2.5 mm に過ぎないのに、單眼視のそれは甚だ大であり、平均錯差量も頗る多く、奥行判断が不正確不規則であることが認められる。

これ等の結果に鑑みると、我々はその次の二事實を認定せざるを得ない。

- (1) 双眼視即ち奥行知覺に好都合な條件の下に於ては、幕の有無は奥行の判断に大なる影響を與へるが、單眼視即ち元來奥行知覺に不都合な條件の下では、大した變化は生じない。(幕の介在によつて視覺が一般に妨礙せられ、多少不利に傾く嫌は免れないけれども)。
- (2) 双眼視の場合でも、幕が挿入せられて光幕が成立すると、奥行は俄然短縮し、單眼視を以てすると何等擇ぶ所が無くなる傾がある。之によつて觀れば、光幕を通すことによつて奥行は平板化して見えることは明白である。前掲第25表に於て、双眼視の幕照度 540 lux の場合と、單眼視のボイル幕無き場合とが、距離の短縮量に於て又は判断の平均錯差量に於て、頗る良く近似せる事實はこれを裏書する。

(ホ) 結果の實踐的考察

- (1) 光幕若くは一般に層を通して背後の眺望を觀測する場合には、奥行知覺に變化を生じ、遠近關係が平板化する傾があり、しかも、その短縮の度合は光幕若くは層の面の獨立性（即ち意識性）の度に應ずるものであるから、正確なる奥行判斷を要する際には、幕若くは層に對して調整又は撤去を試みるか、或は幕若くは層の狀況に應じて直接知覺の結果に訂正を加へるか、孰れにせよ、錯覺の影響の輕減排除をはかることが大切である。
- (2) 他人の距離目測を妨礙する場合、視界に強い光幕を成立せしめるか、又は介在する層若くは面の獨立性を増し、奥行の誤認を誘導することも一策である。

VI 結 語

以上、記述する所によつて、我々は臆げ乍らも光幕現象の本質を彷彿し、之を規定する各種の條件を解明し、また多少これが實踐的意義に就き考察した。

この報告で取扱つたものは、もとより、光幕現象の瞥見であつて、その委細を盡くし得たとは云ひ難いけれども、目下遂行中の實驗の結果と相俟つて、從來未墾の問題に一鋤を加へたことだけは、我々の秘に欣快とする所である。

不備、半解の點に就ては、讀者諸賢の叱正を仰ぎ、今後益々研鑽を重ねたいと念じてゐる。

(完)