明視照明のための基礎的研究

専門会員 蒲山久夫* 専門会員 本橋昭男* 正会員 佐藤麗子*

Fundamental Study on Visibility for Lighting

Hisao Kabayama, M. D., Teruo Motohashi, M. D.,
Reiko Sato, (Toshima Hospital in Tokyo)

In 1958 Illuminating Engineering Society of U.S.A. published the Recommended Levels of Illumination based on a new study for lighting, led by Dr. H.R. Blackwell. In the april 1961, the I.E.S. Code was issued by the technical committee of the Illuminating Engineering Society of England which contains a new method for assessing glare and that of daylight design, in addition to the recommended levels of illumination. In Japan Recommended Intensity of Illumination was established, as the Japanese Industrial Standard, in the March 1958 by the Japanese Industrial Standards Committee.

In the case of Japan the recommendation was arranged mainly by the actual conditions and the economical conditions, not by the fundamental researches, therefore the necessity of the fundamental research on the visibility for lighting was pointed out by the research committee of recommended levels of illumination in the Illuminating Engineering Institute of Japan.

This is one of the researches to supply materials for the arrangement of the recommendation of illumination.

In this standpoint author designed and made an apparatus to study precisely the relation between visibility and contrast in many levels of illumination. The apparatus named "contrast variable apparatus" is able to change the luminance of the background voluntarily in the range of from 5 rlx. to 6,000 rlx. (rlx. = equivalent lux), in addition able to change contrast of the target in the positive contrast or in the negative contrast. (The positive contrast means that the dark target be on the bright background, and the negative contrast means that the bright target be on the dark background.)

The structure of the contrast variable apparatus is shown in Fig. 1. The illuminants of the apparatus are all fluorescent lamps of 40 w. white equiped with the intensity regulator. Figs. 2-5 show the views of the contrast variable apparatus in many directions. The target is a circular hole or two parallel bars holes in a thin plate at middle of the surface A. By varying intensity of illumination on the surface A and the surface B, contrast of the target is changed freely in wide range. In spite of that a rotating sector was set on the surface A to regulate the exposure time of the target, it was not in operation during this experiments owing to that the flickering effect of the fluorescent lamp disturbs the measurements, therefore the exposure time was long enough to notice the target. Table I shows the physiological conditions of five observers, and measurements were carried out with binocular seeing of natural pupillar sizes. The contrasts were calculated from intensities of illumination at the surface A and the surface B using following equation :

$$\text{Percent contrast (p. c. c.)} = \frac{B - B_t}{B} \times 100\% \dots\dots\dots (A)$$

where B = luminance of background
B_t = luminance of target

* 都立豊島病院眼科

EXPERIMENT 1 : The thresholds of contrasts to notice the separation of parallel bars are measured using the two parallel bars targets, as shown in Fig. 7, each sizes are 1, 1.3, 2, 4', and 10' in visual angles of 2.5 m. distance. The result of measurements on the positive contrast is shown in Table 2 and Fig. 8. In 1937 Dr. Hirasawa has measured the relation between visualacuity and contrast with Snellen's targets in the range of brightness from 5 rlx. to 500 rlx., and derived similar data to that of Luckiesh and Moss. The comparison of that study with author's study is shown in Fig. 9.

In the result of measurments on the negative constrast, as shown in Table 3 and Fig. 10, the curves of the contrast thresholds are different from that of the positive contrast. Dr. Blackwell has thought that the contrast must be always defined with following equation :

$$\text{Contrast} = \frac{\text{Difference in Brightness}}{\text{Background Brightness}} \dots\dots\dots (A)$$

In this definition of contrast, he thought, contrsats of dark obiekts and contrasts of bright objects are equal in visibility for equal contrast. According to data of author's experiments, contrasts of dark obiekts and contrasts of bright objects are not always equal in visibility for equal contrast, as shown Fig. 11, especially under 50 rlx. brightness of backgrounds. Therefore author tryed to use following equation in the negative contrast :

$$\text{Contrast} = \frac{\text{Difference in Brightness}}{\text{Target Brightness}} \quad \text{i. e.} \quad \text{p. c. c'.} = \frac{B-B_t}{B_t} \times 100\% \dots\dots (B)$$

only when $B < B_t$

Fig. 11 shows the comparison of the thresholds of contrasts calculated by two different equations of (A) and (B). If the contrasts were calculated with equation (B) in the negative contrast, the values of contrasts are approximately equal to that of the positive contrasts calculated with equation (A) in equal visualacuity.

EXPERIMENT 2 : The thresholds of contrasts to perceive a circular targets which diameters are 1', 2' and 4' in visual angle of 2.5 m. distance. The result of measurements is shown in Table 4, and the contrasts calculated with two kinds of equations of (A) and (B) are compared in a graph of Fig. 13. It is a noticeable matter that in cace of a very small circular target, such as visual angle 1', the contrasts calculated by equation (A) indicate approximately equal visibility in both cases of negative and positive contrasts, however in case of rather large targets such as visual angle over 2', that comes not into being. That is to say the equation (A) has validity in both cases of negative and positive contrasts, only for the perception of a small dot, for example a star on a dark night and a small black dot on white paper, as Dr. Blackwell quoted. However in other all caces, the equation (A) is not available for the negative contrast in the meaning of equal visibility in equal contrast.

Author believed that the perception of a small dot is an exceptional case because the irradiation becomes more remarkable if a dot becomes smaller, therefore the contrast must be calculated with the equation (A) in the positive contrast, and with the equation (B) in the negative contrast for the equal visibility in equal contrast.

The author's data of circular target in the negative contrast is compared with the Dr. Blackwell's data of 10 A.P.S. 50% acuracy in Fig. 14, consequently the tendency was noticed that shapes of author's curves bear a close resemblance to that of Dr. Blackwell's curves, but the location of curves differed considerably from each other in case of lasger targets, author believed that it may be caused by the difference of method to expose the target.

EXPERIMENT 3 : Using the contrast variable apparatus author carried out the study on the influence of peripheral brightness to the central visibility. As the target, the Landoldt's ring is set on the surface

B, and the observer sees the target through a hole at middle of the surface A. Fig. 15 shows the structure of the apparatus for this experiment. Distance between eye and Landolt's ring is 1.0 m., the extent of the surface A in the visual field is 80° and that of a hole at middle of the surface A is 5° in diameter. Fixing the luminance of the surface A in each steps of luminances of 50, 150, 300, 750 and 1,500 rlx., a observer adjust carefully the luminance of the surface B to the threshold luminance to notice the direktion of a Landolt's ring. The result of the experiment is shown in Table 5, and the relation between the visualacuity and the ratio of peripheral luminance to central luminance are shown in Fig. 16.

The tendency of curves in Fig. 16 indicates that the lowering visualacuity is remarkable when the peripheral field is brighter than the central field, and on the contrary the visualacuity maintains good when the peripheral field is darker than the central field. The best visibility is obtained when the central field is about 1.1—3.0 times brighter than the peripheral field. On this phenomenon formerly Lithgoe and recently Stevens and his cooperator have studied particularly.

EXPERIMENT 4 : It is a ordinary matter that the high contrast bears the better visibility than the low contrast, however it is also a well known fact that the too high contrast hinders the visibility, on this phenomenon author studied using the contrast variable apparatus. The parallel bars target of 1.3' used in Experiment 1, is set at middle of the surface A, and the excessive contrast which hinders the noticing of the separation of parallel bars, is measured on each steps of luminances of the background 5, 10, 20, 50, 150, 300 and 750 rlx.

In this experiment author find that the measurement is possible only in the negative contrast, as the excessive contrast lowering visualacuity never appears in the positive contrast. Therefore data of measurements, shown in Table 6, is a case of the negative contrast. The relation between luminances of the target and luminances of the background when the excessive contrast lowers the visualacuity to 0.75, and its ratio (B_t/B_a), are shown in Fig. 17. A curve shows that the excessive contrast appears in the nearly linear relation between the luminance of target and the luminance of background in logarithmic scale, and its ratio (B_t/B_a) becomes smaller according as the background becomes brighter.

Summerizeing the result of this experiment and that of the Experiment 1, curves which indicate the relation between visualacuity and contrast in the negative contrast are derived, as shown in Fig. 18. The tendency of those curves are never appears in the positiv contrast, therefore it would be necessary to distinguish the negative contrast from the positive contrast.

CONCLUSION : For the basis of the recommendation of levels of illumination, four kinds of experiments are carried out using the "contrast variable apparatus" and following results are derived.

- (1) Thresholds of contrasts to notice the separation of parallel bars and to perceive a small dot, are measured in wide range of brightness of fluorescent lamps lighting.
- (2) The threshold of contrast of the positive conirast is compared with that of the negative contrast in the meaning of equal contrast in equal visibility, and author pointed out that the negative contrast must be distinguished from the positive contrast.
- (3) The influence of the peripheral brightness upon the central visibility is studied with the contrast variable apparatus.
- (4) The excessive contrast lowering the visualacuity is measured, and found that it occurs only in the negative contrast never in the positive contrast.

Notice : This study is one of the researches of the research committee of recommended levels of illumination in the Illuminating Engineering Institute of Japan.

The study on the visibility for moveing object has already published in the Jour. I.E.I. Jap. 43 ; 171—179, 1959. At present the study on the relation between eye fatigue and levels of illumination is being carried out, and in near future the study on psychological study on levels of illumination will be carried out.

はじめに

最近アメリカの Blackwell 氏⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾が対比と物の見え方に関する広範囲な実験を行ない、この実験研究を基礎として新しい推奨照度が I. E. S. から発表された。

わが国でも照度調査委員会の多数回にわたる討議、および実態調査の結果等から、照度基準 JIS Z-9110 が作成され昭和33年公表されたが、その際各種作業の照度を定めるに当って、その根拠となる基礎的研究資料が不十分であることが痛感された。そこで照度調査委員会の中に基礎研究班（主査、植村操 慶大教授）が設置され照度に関する生理学的もしくは心理学的基礎研究が開始されたが、本論文はその研究成果の一部である。

さて物の見え方を左右する条件として、物の大きさ、対比、露出時間および照度が主役を演じていることは、Moss および Luckiesh 氏等が指摘して以来照明の4要素として広く知られている事実である。これらの四つの条件の相互関係については、古くは Cobb および Moss⁽⁴⁾氏、Luckiesh⁽⁶⁾ 諸氏の研究があり、わが国でも平沢⁽⁶⁾、大塚⁽⁷⁾、諸氏の業績がある。

これらの古典的な研究は、当時の白熱電球による照明技術に相応して、1,000 lx 以下の低い照度範囲で、しかも視野内のきわめて狭い部分の対比について研究せられたもので、今日のようなけい光灯による高照度の照明、および全視野内の照明環境に対する高度の質的要求に応じて、その基礎的資料を提供するには不十分なものとあった。

これらの古典的基礎研究の不備を補い、さらに近代照明の骨子たらしむべき意図をもってなされたのが Blackwell 氏の研究で、視野全域の広範囲にわたる明るさについて対比と物の見え方について実験を行なった。彼は時間の条件として、A. P. S.* の概念を導入し対比の基礎実験の結果を照明技術に一步接近せしむべく努力している。

筆者は上述したような過去の照明の基礎的研究を参照し、さらにけい光灯による近代の照明技術を考慮に入れて、独特な実験装置を考案作成し、明るさと物の見え方に関する実験を行なった。

すなわち、けい光灯およびその調光装置により、視野内の光束発散度を 5 rlx から約 6,000 rlx に至る範囲に自由に調節し、さらに視標の光束発散度も同様に自由に調節できるようにし、5 rlx から 6,000 rlx の明るさに対して、あらゆる対比の視標を自在に作りうるような実験装置を考案作成した。

この装置は国鉄技術研究所(内田博士)のご協力により完成したもので、対比可変装置と命名することにした。

以下数節にわたって述べる実験成績はいずれもこの対比可変装置を使用して行なった実験データによるものである。

1. 対比可変装置について

おもな構造は1.25m平方の白色無光沢の平面Aと、その背面に設置した0.5m立方の箱の底面Bとから成る(第1図)。この箱の内面もA面と同様に白色無光沢に仕上げてある。

第1図 対比可変装置

A=A面, B=B面, C=視標板 D=B面に対する調光装置, E=E H F=A面に対する調光装置

Fig. 1. Schema of the contrast variable apparatus. A=Surface A. B=Surface B. C=Plate of target. D=Apparatus to control levels of illumination on surface B. E=Eye. F=Apparatus to control levels of illumination on surface A.

箱の中には白色40Wサークラインけい光灯4個が設置されB面を照明し、調光装置によりB面の照度を自由に加減しうようになっている。この照度はB面に置かれた照度計によって常に測定せられる。

A面の照明はその前方に置かれたツイタテ状の照明装置2基により照明される。各照明装置は40W白色けい光灯10灯を有し、A面は計20灯の40Wけい光灯によって照明され、その照度はA面に設置した照度計によって随時測定することができる。

また調光装置によりA面の照度は約 8000lx まで任意に調節することができる。A面の中央に窓があり、ここに視標の形を切り抜いた薄板を置く。これを前方から見ると視標の形にB面が見え、A面はこの視標の背景として目に見えるわけである。ここで調光装置によりA面、B面の照度を加減すれば、随意に種々な対比の視標が得られることになる。

以上の説明を図にしたのが第1図である。A面は1.25m×1.25mの正方形、無光沢白色塗装で反射率は75%である。第2図にA面およびその側面、ならびにA面、B面の照度測定用の照度計2基を示す。A面の視標孔の前には露出時間を一定とするためのセクターが設置されて

* assimilations per second 詳しくは文献(1)および(2)を参照

第 2 図 A面とその側面および視標板とそのセクター

Fig. 2. Surface A with a plate of target. A disk in front of the surface A is a rotating sector to regulate the exposure time of target which was not in use in this experiments owing to the flicker effect of the fluorescent lamps.

第 3 図 B 面とその照明装置

Fig. 3. Surface B and its lighting installation equipped with four circuline fluorescent lamps of 40W, white.

いる。第 3 図は B 面およびその照明装置を示す。40W サークラインけい光灯は、おのおの 1 灯ずつ点滅できるようにスイッチが箱の側面に設置されている。4 灯のサー

ークラインけい光灯のうち 1 灯は黒色に塗装され、50lx 以下の低照度を作るために用いられる。

第 4 図は A 面照明用のツイタテ型の照明装置で 40W 白色けい光灯 10 灯から成る。この照明装置 2 基を A 面の前面にハの字形に置き A 面を照明する。第 5 図および第 6 図は実験の状況を示す写真で、A 面およびそれを照明するツイタテ型照

第 4 図 ツイタテ型照明装置

Fig. 4. A screen shaped lighting installation to illuminate the surface A equipped with ten fluorescent lamps of 40W, white.

第 5 図 目の位置から対比可変装置を望む

Fig. 5. Straight view of the contrast variable apparatus from observer.

第 6 図 実験の状況

Fig. 6. Observer regulating contrast of a target.

明装置 2 基が見える。

被験者はアゴ台で顔面を固定し、右手で B 面に対する調光装置を製作している。さらに被験者の左右に 2 基の調光装置があるが、これは A 面に対する調光装置である。使用した照度計は東芝照度計 5 号型高照度用および低照度用おのおの 2 台、さらに視標の部分の輝度の真値を測定するために、Spectra Brightness Spot meter (Model UB) を使用し、照度計による測定値を補正した。

調光装置はマツダけい光灯調光器 (FL. R. 40×2～12) 3 台を使用し、うち 2 台は A 面調光用に、残りの 1 台は B 面調光用に用いた。

2. 実験方法

被験者には第 1 表に示す視力、色覚等正常な 27 歳から 38 歳に至る男子 3 名、女子 2 名計 5 名を用いた。研究の目的が照明への応用であるので、測定は普通両眼視をもって行ない瞳孔径も自然のままとした。視距離、すなわち A 面と目の距離は原則として 2.5m としたので、A 面の視野内における広がり、視角約 30° である。被験者は約 15 分間暗順応後 A 面の明るさに約 5 分間順応してから実験を開始した。実験は 1 日 1 回とし、1 時間以上継続することを避けた。実験室は豊島病院眼科暗室を用いたが、その広さは 5m×3.5m で周囲の壁は反射率約 30% の灰色に塗装されている。

第1表 被験者
Table 1. Physiological conditions of five observers.

被験者 Observer No.	年齢 Age	性 Sex	職業 Vocation	視力 Vision		色 盲 Color Sense
				monocul.	binocul.	
1	33	M	医 師	R : 1.2 L : 1.2	1.5	正 常
2	33	M	医 師	R : 1.2 L : 1.2	1.2	正 常
3	30	M	技 師	R : 1.0 L : 0.9	1.0	正 常
4	33	F	看護婦	R : 1.2 L : 1.2	1.5	正 常
5	27	F	看護婦	R : 1.0 L : 1.0	1.2	正 常

測定方法はA面、すなわち順応面の照度を一定とし、この明るさに目を順応した後、B面の照度を被験者が調光装置を用いて加減し、視標がかろうじて認めうる限界に調節し、助手がB面の照度を読んで記録した(第6図参照)。測定は3回以上くり返し平均をもって測定値とした。

視標の前面には、露出時間を一定にするためにセクターが設置されているが、セクターを回転するとけい光灯のチラツキが見えて、測定に支障を来たすことがわかったので、今回の実験では、セクターを使用しないことにした。

したがって、次に述べる一連の実験成績は1秒以上の十分な露出時間を目に与えた場合の実験成績である。

3. 2線視標の見え方と明るさとの関係について

第7図に示すような2個の長方形を厚さ約0.2mmの鉄板に切り抜き視標とした。長方形の穴からB面が見えるので、B面の照度を変えることによって、視標の対比を任意に変化させることができる。視標の大きさは、2.5mの視距離で2線の太さおよび間隔がそれぞれ視角

←-1'-1'-1'-1'-→

第7図 2線視標

Fig. 7. The two parallel bars target.

1', 1.3', 2', 4', 10', のもの5種を用いた。2線の長さは線の太さおよび間隔の3倍である。

以上の2線視標をかうじて2本の線として分離して見える対比の域値を順応面(A面)の光束発散度が5rlxから5,300rlxに至る10段階の範囲について測定した。

対比の算出方法は、Blackwell*, 平沢諸氏の先例にならい次の式によった。

$$P. P. C. = \frac{B - B_t}{B} \times 100 (\%)$$

ここに P. C. C. はパーセントコントラスト (Percent contrast). BはA面の光束発散度 (rlx), すなわち目が順応している背景の光束発散度, B_tはB面の光束発散度 (rlx), すなわち視標の光束発散度である。

この式を用いた場合, B<B_t のとき, すなわち暗い背景に明るい視標が置かれた場合には値が負になるので, マイナスの記号をつけてこれを表わすことにする。また B-B_t の値がBよりも大なる場合は100%よりも大となるが, この問題については後に3.2項で詳述する。

3.1 2線視標が背景よりも暗い場合 (P. C. C. 正の場合)

パーセントコントラストが正の場合で, たとえば白い紙に書かれた黒い文字のような場合がこれに相当する。実験のデータを第2表に示す。5名測定の平均値をもってコントラストと明るさとの関係を示したのが第8図で

第8図 明るい背景に暗い2線視標がある場合の明るさと対比(+p.p.c.)の域値

Fig. 8. Threshold of contrast (+P. C. C.) to notice the separation of parallel bars when the dark target be on the bright background.

ある。平沢氏⁽⁶⁾が筆者と似た装置を作ってコの字形視標を用いて5rlxから500rlxの明るさの範囲で測定した結果と、筆者の実験の結果とを比較すると第9図に見るよ

第9図 平沢博士のデータと筆者のデータとの比較

Fig. 9. Comparison of author's data with Hirasawa's data.

* Blackwell氏は $\frac{B_t - B}{B}$ をもって対比としている。これは氏の実験装置では必ず $B_t > B$ となるので、値が負になるのを避けたためと思われる。筆者の装置では $B_t < B$ の場合も $B_t > B$ の場合も実験できるので、 $B_t > B$ の場合(背景が視標より暗い場合)は負の記号を付することにする。

第 2 表 明るい背景に暗い 2 線視標がある場合の明るさ対比 (+P.C.C.) の域値

Table 2. Threshold of contrast (+P.C.C.) to notice the separation of the parallel bars when the dark target be on the bright background.

視標の 大きさ	+P.C.C. % 被 験 者	背景の 明るさ	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx
			5	10	20	50	150	300	750	1,500	3,000	5,300
1'	1			73.4	66.7	53.5	43.1	29.4	24.6	24.7	16.1	11.3
	2			58.9	49.2	33.4	29.0	20.4	20.3	19.5	16.7	14.7
	3			69.5	41.2	33.3	31.6	25.0	20.7	15.4	15.4	14.7
	4			72.0	60.0	60.6	49.8	41.7	43.8	41.3	33.0	34.4
	5			68.8	59.7	55.5	51.7	44.8	22.4	16.2	16.7	15.6
	M			68.5	55.4	47.3	41.0	32.3	26.5	23.4	19.6	18.1
1.3'	1		92.3	61.6	49.0	39.5	17.7	14.0	10.1	7.91	5.50	3.70
	2		95.0	70.6	56.3	45.0	37.0	32.1	19.4	14.7	13.8	11.1
	3		79.2	61.5	53.3	36.0	35.0	20.5	20.2	16.9	12.5	8.58
	4		81.2	51.1	52.3	48.5	35.1	31.0	21.4	15.5	10.8	11.8
	5		65.7	54.8	53.3	34.1	35.3	27.7	18.9	18.3	17.4	17.4
	M		82.7	59.9	52.8	40.6	32.0	25.1	18.0	14.7	12.0	10.5
2'	1		46.7	37.5	28.1	27.6	18.7	14.8	9.20	8.26	7.02	3.45
	2		48.5	35.5	32.1	21.9	13.9	9.68	6.33	4.76	2.17	1.56
	3		46.7	33.3	21.4	15.8	16.7	10.5	8.56	6.90	6.25	3.75
	4		33.3	32.3	21.4	20.5	16.7	13.6	12.1	10.5	7.60	6.40
	5		63.3	57.8	32.1	32.1	14.7	10.7	8.22	7.25	6.25	6.25
	M		47.7	39.5	27.0	23.6	16.1	11.9	8.96	7.53	5.86	4.28
4'	1		32.7	18.9	13.3	6.50	6.26	3.10	2.44	1.43	1.43	0.63
	2		27.1	18.4	13.3	10.0	10.3	10.1	6.88	3.59	3.23	4.41
	3		46.1	20.0	17.8	7.70	7.17	8.94	7.12	4.72	4.73	1.80
	4		21.1	18.7	10.8	10.7	7.88	6.65	5.70	6.41	5.71	3.74
	5		38.0	18.8	11.4	12.7	9.68	7.70	7.50	5.40	4.70	3.45
	M		33.0	19.0	13.3	9.52	8.26	7.30	5.93	4.31	3.96	2.81
10'	1		13.6	7.15	5.56	2.78	2.64	2.23	1.92	1.39	0.74	0.74
	2		17.4	6.91	6.25	5.13	5.13	3.95	2.63	2.42	2.33	1.43
	3		12.2	11.8	7.85	5.56	4.83	3.62	2.94	2.81	2.24	2.34
	4		19.1	6.25	5.55	5.56	4.67	3.01	2.78	2.74	1.61	0.71
	5		19.0	7.14	7.40	5.72	4.83	3.62	3.33	2.63	3.03	1.67
	M		16.3	7.85	6.52	4.95	4.42	3.29	2.72	2.40	1.99	1.38

うにはなはだしく近似していることがわかる。さらに古典的な Luckiesh 氏⁽⁵⁾の実験成績にも近似している。

従来の実験と比較して本実験がさらに一步を進めたといえる点は、5,000rlx 以上の高い明るさまで実験範囲を広げたということ、光源にけい光灯を用いたということおよび最大の特長は正と負の対比を自由に作り実験することができるということである。

最近の Blackwell 氏の対比と物の見え方に関する研究は、はなはだ広範囲の明るさについて実験している

が、氏の実験装置では、コントラストが必ずマイナスの値になる*ので、このデータとは直接比較できないから、後に別の項で比較することにする。

3.2 2 線視標が背景よりも明るい場合 (P.C.C. 負の場合)

背景が暗く視標が明るく浮き上がって見える場合で、たとえば夜間のネオンサインの文字のようなものが実際

* Blackwell 氏の実験装置は一樣の明るさをもったスクリーン上に視標を投影するので、視標は必ず背景より明るくなり対比は負となる。

第3表 暗い背景に明るい2線視標がある場合の背景の明るさと対比(-P.C.C., -P.C.C.')の域値

Table 3. Threshold of contrast (-P.C.C. and P.C.C') to notice the separation of the parallel bars when the bright target be on the dark background.

視標の 大きさ	被験者	-P.C.C. % 背景の明るさ		rlx 5	rlx 10	rlx 20	rlx 50	rlx 150	rlx 300	rlx 750	rlx 1,500	rlx 3,000	rlx 5,300
1'	1				254	85.5	68.2	32.3	31.7	27.9	23.5	20.0	16.1
	2				357	115.0	62.2	57.9	29.7	23.4	22.4	19.4	20.3
	3				106	57.0	42.2	22.2	18.2	22.0	25.0	13.6	9.85
	4				241	103.0	73.2	47.7	49.3	31.7	33.9	27.0	2.05
	5				285	97.5	46.2	35.3	25.0	33.2	21.0	23.8	20.0
	M				248.6	99.7	58.4	35.1	32.8	27.6	25.2	20.8	18.3
	-P.C.C'				71	50	37	26	25	21	20	17	15
1.3'	1			187	94.5	75.2	42.2	31.7	18.2	16.5	13.6	13.2	13.6
	2			375	217	90.7	45.0	33.3	32.1	22.4	19.1	13.8	12.6
	3			167	80.0	80.7	35.0	28.8	28.2	14.3	9.0	10.7	10.7
	4			141	79.4	61.3	43.6	34.2	31.7	21.2	29.7	27.1	18.8
	5			299	93.3	68.7	31.8	24.3	23.5	21.3	20.0	14.3	14.3
	M			224	112.8	75.3	39.5	30.5	26.7	18.9	18.3	15.8	14.0
	-P.C.C'			70.0	53	43	29	23	21	16	15	14	12
2'	1			77.8	52.1	44.3	19.2	18.7	16.2	16.0	10.3	8.55	8.78
	2			281	89.3	47.4	40.5	25.0	21.8	13.1	13.0	9.25	6.45
	3			89.0	57.7	33.4	20.0	18.4	12.8	12.5	10.0	6.10	3.08
	4			77.7	57.1	38.0	25.0	21.8	10.4	9.75	10.3	9.75	6.65
	5			106	78.5	33.3	17.3	15.8	14.8	13.1	10.3	10.4	11.9
	M			126.3	66.9	39.3	24.4	19.9	15.2	12.9	10.8	8.83	7.37
	-P.C.C'			56	40	28	19	17	13	11	10	8.2	6.9
4'	1			20.4	13.3	12.8	12.5	7.45	6.50	6.95	6.65	4.88	1.69
	2			60.0	54.1	30.0	21.1	11.5	10.3	11.6	5.38	6.55	6.45
	3			28.8	26.7	17.8	14.3	13.1	10.2	8.55	4.28	1.69	1.37
	4			42.1	18.9	17.5	14.7	16.4	7.88	6.41	7.12	4.68	3.33
	5			45.2	31.1	22.9	10.3	10.7	9.68	8.95	8.10	5.00	6.24
	M			39.3	28.8	20.2	14.6	11.8	8.91	8.49	6.33	4.56	3.82
	-P.C.C'			28	23	17	13	11	8.2	7.8	5.9	4.3	3.7
10'	1			15.9	11.1	7.15	8.43	6.24	4.66	4.17	2.64	1.28	0.74
	2			35.7	21.4	14.3	8.30	6.10	5.33	4.28	3.11	2.82	2.67
	3			21.4	11.1	7.15	7.90	5.58	5.00	3.95	3.85	2.71	2.07
	4			14.9	11.8	9.07	7.68	5.56	5.87	3.33	3.71	3.88	3.39
	5			14.3	12.5	11.1	6.53	5.56	5.55	3.01	3.22	2.57	2.53
	M			20.4	13.6	9.75	7.77	5.81	5.28	3.74	3.31	2.65	2.28
	-P.C.C'			17	12	8.8	7.2	5.5	5.0	3.6	3.2	2.6	2.2

には当てはまる。

Blackwell 氏の先例にならい、背景と視標の輝度差を

背景の輝度で割った値をもって対比とし、背景が視標より明るい場合と区別するため、マイナスの符号を付する

ことにする。この際背景の輝度が、視標と背景の輝度差より小さい場合は P. C. C. の値が 100% より大となる。

P. C. C. 負の場合の実験データを第 3 表に示す。5 名測定者の平均値をもって対比と明るさとの関係を曲線としたのが第 10 図である。

第10図 暗い背景に明るい2線視標がある場合の明るさと対比(-P.C.C.)の値

Fig. 10. Threshold of contrast (-P.C.C.) to notice the separation of parallel bars when the bright target be on the dark background.

3.3 P. C. C. 正の場合と負の場合の比較、および

Blackwell 氏の対比に関する所説への疑義

前 2 項で述べた実験成績について、P. C. C. 正の場合(白地に黒い視標の場合)と、P. C. C. 負の場合(暗い地に白い視標の場合)との見え方を比較するために、同一図上に曲線としたのが第 11 図である。

第11図 2線視標のときの対比が正と負の場合の比較

Fig. 11. Comparison between the positive contrast and the negative contrast in case of using the parallel bars targets.

図で明らかなように 50rlx 以上の明るさの場合には、P. C. C. 正の場合も負の場合も比較的近似した値をとるが、50rlx 以下の明るさでは両者は明らかに相違した値をとる。Blackwell 氏⁽³⁾は対比*が負の場合についてだけ実験を行ない、対比が正の場合も見え方は等しいと推論しているが、筆者のこの実験の結果では Blackwell 氏の見解と相違する。この結果は Blackwell 氏を使用したものと同じ円形視標について行なった実験の結果でも同様の傾向を示すことについては次の項で述べる。

さてここで対比の計算法について考察する必要が生ずる。さきに一応規定したように

$$P. C. C. = \frac{B - B_t}{B} \times 100\% \quad \text{.....(A)}$$

ここに B は背景の光束発散度、 B_t は視標の光束発散度とすると、 B が 0 に近づくに従い P. C. C. は $-\infty$ に近づくことになる。逆に B_t が 0 に近づくると、P. C. C. は 100% に近づくことになる。したがって背景が暗く B の値が小であるほど、正と負の P. C. C. の値の差が開くことになる。したがって筆者の実験結果が、50rlx 以下の低い明るさになるに従って、P. C. C. 正の場合と負の場合との見え方の差が大となることは、上述の因子が関係していることが一応考えられる。

そこで B が 0 の場合に $-P. C. C.$ が 100% とするために、対比を次の式で計算してみることにする。

$$P. C. C.' = \frac{B - B_t}{B_t} \times 100\% \quad \text{.....(B)}$$

ただし $B_t > B$ の場合だけ。

つまり視標が背景より明るい場合は、視標の輝度で割ることとし、これを $P. C. C.'$ とする。 $P. C. C.'$ と $P. C. C.$ との間には第 12 図に示す関係がある。

筆者の実験値から $P. C. C.'$ を求め、これをグラフに示すと第 11 図の曲線 $-P. C. C.'$ となる。図に見るように背

第12図 $B_t > B$ のときの対比の算出法 2 種の比較

Fig. 12. Relation between the values of p.c.c. and the values of p.c.c.' in the negative contrast.

* Blackwell 氏は $\frac{\text{背景の輝度} - \text{視標の輝度}}{\text{背景の輝度}}$ = 対比 としているので、正負の記号はこれと反対となる。

第4表 円形視標の視認と対比 (P.C.C. & P.C.C') の域値

Table 4. Threshold of contrast to perceive the circular targets in positive and negative contrast

視標の 大きさ	+ P. C. C. % 被験者	背景の 明るさ	Bt < B のとき (対比が正のとき) Positive Contrast, when Bt < B									
			5	10	20	50	150	300	750	1,500	3,000	5,300
1'	1					89.2	55.7	47.1	56.9	37.8	29.1	24.2
	2					90.0	72.8	54.3	33.8	29.2	26.9	25.0
	4					94.5	79.5	46.5	32.2	20.0	19.1	17.3
	M					91.2	69.3	49.3	41.0	29.0	25.0	22.2
2'	1			62.2	42.8	32.8	29.7	19.3	15.6	14.4	15.7	11.1
	2			74.2	62.5	37.6	30.4	22.7	17.1	8.45	5.18	5.00
	4			50.0	40.0	43.8	37.4	25.0	19.4	15.5	12.7	8.03
	M			62.1	48.4	38.1	32.5	22.3	17.4	12.8	11.2	8.0
4'	1		47.1	30.0	38.8	28.0	22.0	16.1	13.5	10.1	7.15	6.45
	2		33.4	26.7	32.4	23.5	18.7	13.5	9.60	8.68	10.9	9.23
	4		56.7	55.5	44.7	26.8	24.4	19.4	16.4	15.5	9.28	8.67
	M		45.7	37.4	38.6	25.7	21.7	16.3	13.2	11.4	9.11	8.12
			Bt > B のとき (対比が負のとき) Negative Contrast, when Bt > B									
			5	10	20	50	150	300	750	1,500	3,000	5,300
1'	1		423	218	151	111	68.8	60.8	44.1	40.7	27.9	25.5
	2		388	187	143	83.0	71.7	60.7	33.8	36.8	33.7	27.9
	4		412	200	169	134	100	89.7	53.4	41.0	31.0	22.4
	M		408	202	154	109	80.2	70.4	43.8	39.5	30.9	25.3
	-P. C. C'.		80	67	61	52	44	41	30	28	23	20
2'	1		117	100	62.2	32.4	32.9	28.3	23.0	17.8	10.7	6.93
	2		134	90.1	81.3	62.5	35.0	26.8	18.4	19.0	14.8	14.0
	4		300	186	150	62.5	43.8	29.2	17.4	16.9	14.7	11.6
	M		163	125	97.8	52.5	37.2	28.1	19.6	17.9	13.4	10.8
	-P. C. C'.		65	55	50	34	27	22	16	15	12	10
4'	1		110	47.2	35.4	25.3	23.7	18.1	14.9	12.3	9.77	8.72
	2		95	73.5	67.7	32.4	24.7	18.9	16.6	14.4	10.8	9.50
	4		180	110	42.0	33.3	24.4	20.6	11.1	10.0	8.90	7.97
	M		128	76.9	48.4	30.3	24.3	19.2	14.2	12.2	9.82	8.73
	-P. C. C'.		55	43	32	23	19	16	12	11	9	8

景より視標が明るい場合は、P. C. C' をもって対比とすれば、背景より視標が暗い場合の P. C. C. とはほぼ同じ見え方の場合に相当する値をとることがわかった。

しかし図にも見るように、見え方が厳密に一致するわけではない。かつて国井氏⁽⁸⁾は、白地の上の黒視標と、黒地の上の白視標との見え方を比較した結果、一般に黒地に白視標のほうが、白地に黒視標よりも良く見えるという結果を得た。筆者の実験と国井氏の実験とを比較す

ると、筆者の実験成績では、国井氏の成績とは相違し、暗い背景の場合と明るい背景の場合とでは、ほぼ同じ見え方か、あるいは暗い背景の場合のほうがやや劣る見え方をした。これは国井氏の場合と実験条件が相違するためであって、筆者の実験の場合は暗い背景の明るさに目が順応している条件であるのに反し、国井氏の実験の場合は、黒い背景が視標をとり囲むわずかの部分だけであったため、目はむしろ白の部分に近い光束発散度の明る

さに目が順応していたことがおもな原因であろうと考えられる。

いずれにしても対比が負の場合は P.C.C' をもって対比の値とすれば、対比が正の場合と近似した見え方をするので、負の対比は P.C.C' をもって表わすこと*を提案する。この見解は Blackwell 氏の見解** と相反する。

4. 円形の視標の視認と明るさとの関係について

対比可変装置の視標板に 1 個の円孔を開け、これを視標として、各種の背景の明るさの下に視標が認めうる対比の域値を測定した。被験者は前項の実験に用いたもののうち特に測定に慣れた者(被験者番号 1, 2, 4, ...) 3 名、その他の実験条件は前項 2 線視標の実験の場合と同じである。円形の視標の大きさは 2.5m の視距離で、それぞれ視角 1', 2', 4' のもの 3 種、背景面の明るさは 10 rlx から 5,300 rlx に至る範囲の 9 段階である。

実験のデータを第 4 表に示す。第 4 表に示された対比と円形視標の視認域値との関係について、対比が正の場合と負の場合とを比較して図にしたのが第 13 図である。第 13 図(a)に見るように視標が小さく視角 1' の場合には、Blackwell 氏のいうとおり、P.C.C. 正の場合と負の場合のデータが近似し、P.C.C' をもって算出した対比の

第 13 図 円形視標視認域値の対比が正と負の場合の比較

Fig. 13. Comparison between the negative contrast and the positive contrast in case of using circular targets.

* ひらたく言えば対比の計算は視標と背景の明るさの差をとって両者のうち明るいほうで割る。

** I. E. R. I. Research Symposium (1958) p. 36. Finch 教授の質問に対する答

データは両者から明らかに離反する。つまり Blackwell 氏が引用したように夜空の星を見るような、小さな光点を視認する場合だけは、P.C.C. が正の場合も負の場合も同じ見え方をする。

しかし第 13 図(b)(c)に明らかなように、視角 2' 以上のやや大きい円形視標の視認に対しては、対比が負の場合には P.C.C' をもって対比としたほうが、対比が正の場合の見え方に近い値をとることがわかる。小さな光点を視認する場合だけ特別なデータとなる理由は、主として光滲現象が視認に影響を及ぼすためと考える。

5. ブラックウェル氏のデータと、筆者のデータとの比較

Blackwell 氏の実験は、一様に照明したスクリーン上に円形の光を投影して視標とした実験であるから、前項まで述べた筆者の実験のデータのすべてと比較することはできないが、前項 4 に述べた円形視標の実験のうち、対比が負の場合のデータだけが同種の実験であるので、データを比較することができる。

第 14 図は筆者のデータと Blackwell 氏のデータとを同一図上に表わした結果である。筆者のデータの対比の計算はもちろん Blackwell 氏の対比にそろえ、P.C.C. を採用している。第 14 図を見るに曲線の形は両者が良く一致しているが、大きい視標における曲線の位置が相違していることがわかる。この理由は、Blackwell 氏は A. P. S. の見解から露出時間に制限を加え、視標を点減さ

第 14 図 ブラックウェル氏のデータと筆者のデータの比較

Fig. 14. Comparison of author's data with Blackwell's data.

せたのに反し、筆者は露出時間に制限を加えず、視標を連続露呈させたことがおもな原因であろうと考える。すなわち Blackwell 氏の方法では、視標が露呈される以前に視野内が一様に暗い期間があり、その間に網膜の感光度が上昇し視標が見やすくなる。したがって対比と明るさの関係曲線は下方にずれることになるものとする。しかし対比と明るさとの関係を示す曲線の傾向は、両者

がほぼ等しいと見なすことができる。

6. 周囲の明るさが中心の見え方に及ぼす影響について

周囲の明るさが注視点の視力に影響を及ぼすことについては、古くは Lithgoe 氏の研究があり、最近では Foxell 氏、Stevens 氏等⁽⁹⁾の詳細な実験があるが、わが国では大塚氏⁽¹¹⁾、箕越氏⁽¹²⁾、白玖氏⁽¹⁰⁾等が明室と暗室とで視力を比較測定した研究等があるが、照明の基礎資料としてはなお満足すべきものがない。

筆者は対比可変装置を用いて、視標付近の明るさと、その周囲の明るさとを広範囲に変化させて、視力の変化を測定し、照明の基礎資料とすべきデータを得た。

実験装置はA面の視標板に直径44mmの円孔を開け、この円孔を通してB面上に置かれたランドルト氏環（白紙に黒をもって印刷されたもの、P.C.C. 96%、白地の反射率75%）が見えるようにしたものを用いた。目とB面上の視標との距離は1m、周辺の明るさを形成するA面と目との距離は0.5mである。前方より片眼をもってB面上の視標を注視すれば、第15図に示すように、視角5°の範囲にB面が見え、視角約80°の範囲にA面が見える。被験者は第1表に示すもののうち特に測定に慣れた者（被験者番号1, 2, 4）3名の右眼を用いた。視標とし

第15図 周囲の明るさが中心の明るさに及ぼす影響を測定する装置

Fig. 15. Schema of the apparatus to study the influence of the peripheral brightness upon the central visibility.

てはランドルト氏環を用い、1mの視距離でそれぞれ1.2, 1.0, 0.7, 0.3、に相当する大きさのもの4種を用いた。

A面の光束発散度（略して B_a ）を50 rlx, 150 rlx, 300 rlx, 750 rlx, 1,500 rlxの4段階とし、それぞれのA面の光束発散度に対し、注視点B面の光束発散度を変化させ注視点に置かれたランドルト氏環の切れ目が見にくくなる限界のB面の光束発散度（略して B_b ）を測定した。すなわち、まずA面とB面の明るさをほぼ等しくし、これに目を5分間以上順応させ、B面上のランドルト氏環

第5表 周囲の明るさと中心の明るさが視力に及ぼす影響

Table 5. Data of the experiment on the influence of the peripheral brightness upon the central visual acuity.

周囲 (B_a) Peripheral luminance		50 rlx						150 rlx						300 rlx					
		$B_a > B_b$					$B_a < B_b$	$B_a > B_b$					$B_a < B_b$	$B_a > B_b$					$B_a < B_b$
視力 Visual acuity	最良 best V.	1.2	1.0	0.7	0.3	1.2	最良 best V.	1.2	1.0	0.7	0.3	1.2	最良 best V.	1.2	1.0	0.7	0.3	1.2	
被験者 Observer B_b (rlx)	1	50	41	9.1	2.6	1.3	2,770	250	40	14	5.2	2.6	3,800	430	59	22	5.2	3.9	9,000
	2	60	43	15.6	5.2	1.3	3,200	320	50	25	6.5	2.6	4,000	550	69	29	9.1	3.9	9,400
	4	55	42	10.7	2.0	1.0	2,800	220	45	14	5.2	3.9	3,560	380	65	18	6.3	4.0	8,800
B_b (rlx)	M	55	42	11.8	3.3	1.2	2,923	263	45	18	5.6	3.0	3,787	440	64	23	6.9	3.9	9,067
比 ratio	B_b/B_a	1.1	0.84	0.24	0.066	0.024	58.5	1.8	0.3	0.12	0.037	0.02	24.5	1.47	0.21	0.077	0.023	0.013	30.2
	B_a/B_b	0.91	1.9	4.2	15	42	0.017	0.57	3.3	8.3	27	50	0.04	0.68	4.7	13	44	77	0.03
周囲 (B_a) Peripheral luminance		750 rlx						1,500 rlx											
被験者 Observer B_b (rlx)	1	900	82	22	13	9.1	測定 不能 Unmeasurable	3200	89	30	17	10.7	測定 不能 Unmeasurable						
	2	850	58	26	14	6.5		5500	120	40	20	9.1							
	4	860	100	42	16	6.5		4300	100	38	21	16.0							
B_b (rlx)	M	870	80	30	14	7.4		4333	103	36	19	11.9							
比 ratio	E_b/B_a	1.16	0.11	0.04	0.019	0.01		2.9	0.067	0.024	0.013	0.008							
	B_a/B_b	0.86	9.4	25	54	10		0.35	15	42	71	125							

を見つつ徐々にB面を暗くして行き、ついにランドルト氏環の切れ目が見にくくなったときのBbを測定した。逆にB面を明るくしていく場合はほとんど視力が低下しないので、1.2の視標以外は測定が不可能であった。またこの方法では最高の視力を得る場合のBbの測定が不能であるが、ランドルト氏環が最も楽に見える点をとって、最高の視力を得たものと仮定した。

実験の結果を第5表に示す。第5表のデータから B_a/B_b 、すなわち注視点5°の範囲の明るさとその周囲約80°の範囲の明るさとの比を横軸にとり、縦軸に視力をとつ

第16図 中心(5°)の明るさと周囲の明るさ(80°)とが視力に及ぼす影響

Fig. 16. Relation between the visual acuity and the ratio of peripheral luminance to central luminance.

て曲線とすれば第16図に示す曲線を得る。第16図の曲線で見えるおもしろいことはおよそ次の諸点である。

(1) 中心部と周囲の明るさが等しいときよりも、中心が周囲の1.1ないし3倍の明るさのとき、最も見え方がよい。

(2) 中心部が周囲より明るくともほとんど視力は低下しないが、周囲が300rlx以下の明るさのときには、中心の明るさが周囲の明るさの20倍以上になったとき、やや見にくくなる。

(3) 中心部が周囲よりも暗くなった場合は、著しく視力が低下するが、この傾向は周囲の光束発散度が低いほど著しい。

本実験では注視点をとりまく中心部の広さを変えて実験していないが、Stevens氏⁽⁹⁾等の研究によれば、中心部の広さが視角6°のとき、最も周囲の明るさの影響が大きく、中心部の面積が広くなるにつれて周囲の明るさの影響が少なくなることが認められている。したがって本実験の中心部の広さ視角5°という条件におけるデータは、周囲の明るさの影響が強い場合と見てさしつかえないが、さらに中心部の広さと、周囲の明暗が見え方に及ぼす影響との関係は、さらにくわしく研究すべき課題であろう。

7. 強すぎる対比について

一般に対比が弱いものよりも、対比が強いもののほう

が見やすいことは、前述の実験データによっても明らかであるが、あまりにも強い対比の場合にはかえって物の見え方を悪くすることがあることは、経験的に知られた事実である。

筆者はこの問題について、対比可変装置を用いて次に述べる実験を行なった。

視標としては第3項第7図に示した2線視標を用い、視距離2.5mで2線の太さおよび間隔が1.3' (視力として約0.75)の視標を用い、A面すなわち背景の光束発散度を5rlx, 10rlx, 20rlx, 50rlx, 150rlx, 300rlx, 750rlxの7段階に変化させ、それぞれについて視標の光束発散度を変化し、強すぎる対比のために2線視標が2線として見にくくなる限界の視標の光束発散度を測定した。測定者は実験に慣れた者3名(被験者番号1, 2, 4)を用いた。実験の結果背景よりも視標を暗くした場合すなわち対比が正の場合には視標が見にくならず、視標が見にくくなるのは常に視標を背景よりも明るくした場合、すなわち対比が負の場合に限ることがわかった。

したがって第6表に示すデータは対比が負の場合につ

第 6 表 0.75の2線視標が見えにくくなる対比

Table 6. Excessive contrast (irradiation) lowering the Visual acuity to 0.75.

視標の明るさ 背景の明るさ B_t	5rlx	10rlx	20rlx	50rlx	150rlx	300rlx	750rlx
被験者	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx	rlx
1	350	426	609	1150	1950	2600	7400
2	254	400	480	820	1610	3060	6600
4	306	505	790	1500	1840	2870	7250
M	303	442	626	1157	1800	2843	7083
-P. C. C.	98.3%	97.7%	96.8%	95.7%	91.5%	89.4%	89.4%
-P. C. C.	5960%	4337%	3037%	2213%	1100%	846%	843%
比 ratio $\frac{B_b}{B_a}$	60	44	31	23	12	9	9

第17図 視力を0.75に低下させる対比

Fig. 17. Excessive contrast (irradiation) lowering the visual acuity to 0.75.

いてだけの実験結果である。第6表のデータに基づき、
 視標が見にくくなる限界の視標の光束発散度と、背景の
 光束発散度との関係を曲線で示せば第17図のとおりであ
 る。図および表で明らかなように、背景が明るいほど強
 すぎる対比となる視標の光束発散度は高くなるが、両者
 の比は背景が明るいほど小となる。すなわち背景の光束
 発散度が 150rlx から 750rlx の範囲では視標がその 10倍
 前後の光束発散度となったとき (-P.C.C'. 約90%, -P.
 C.C. 約850%) 背景が 20rlxから50rlx では視標がおよそ
 30倍から20倍になったとき (-P.C.C'. 約95%, -P.C.C
 約2,500%), また背景が 5rlx から 10rlx の範囲では視
 標がその40倍から60倍になったとき (-P.C.C'. 約98%,
 -P.C.C. 約5,000%) に強すぎる対比が起り、視標が見
 にくくなる。

馬詰氏⁽¹³⁾は背景の光束発散度が 6.5rlx から 130rlx までの範囲についてこれと似た実験を行ない、同様の傾向を見出している。氏はこの現象をゲン輝として取り扱っているが、筆者も強すぎる対比によって 2 線視標が見にくくなる現象はまぶしさの一種であり、主として光滲現象 (Irradiation) によるものであらうと考える。

以上の実験結果と、第3表(3.2.2線視標, 対比が負の場合)のデータを総合して、視力と対比との関係を曲線にしたのが、第18図である。図に明らかなように、対比が強くなるほど視力は上昇するが、強すぎる対比において視力は再び低下する。このような現象は、筆者の実験範囲では、2線視標を用い対比が負の場合にだけ認められた現象である。すなわち対比が正の2線視標の場合および1個の円形視標を用いた場合には強すぎる対比に

よる見え方の低下は起こらなかった。

9. 総括ならびに結論

筆者は明視照明の基礎研究として明るさと物の見え方との関係について詳細に研究するため、対比可変装置を考案作製し実験を行なった。対比可変装置はけい光灯照明による背景の光束発散度を5rlxから6,000rlxの範囲に自由に調光することができ、しかも視標の対比を正負とも任意に加減することができる独特な装置である。この対比可変装置を用い、明るさ、視標の大きさ、対比等が見え方にいかなる影響を及ぼすかについて詳細な実験を施行し、およそ次の結論を得た。なおこれらの実験のデータは照度の基準等を制定する上の基礎資料として役だつものとする。

結論(1) 太さおよび間隔がそれぞれ視角 $1'$, $1.3'$, $2'$, $4'$, $10'$ の 5 種類の 2 線視標を用い、2 線が 2 線として識別しうる域値を、背景面の光束発散度 5rlx より $5, 300\text{rlx}$ に至る範囲について、対比が正の場合および負の場合についてそれぞれ測定し、明るさ、対比、分離視力 3 者の関係を示す曲線を得た。筆者の実験した明るさの範囲 ($5 \sim 5,300\text{rlx}$) において、明るければ明るいほど分離視力は良くなる。

結論② 直径がそれぞれ視角 1', 2', 4' の 3 種類の大きさの円形視標を用い、背景面の光束発散度 10rlx より 5,300rlx に至る範囲について、円形視標の視認域値と対比との関係を測定し、明るさ、対比、視認視力 3 者の関係を示す曲線を得た。2 線視標の場合と同じく、明るければ明るいほど視認視力が良くなることを認めた。

結論③ 視標が背景よりも暗い場合（対比が正の場合）と、視標が背景よりも明るい場合（対比が負の場合）とについて、次の2種類の方法で対比を算出し、両者を比較検討した。

- (1) 対比の正負にかかわらず,

$$\frac{(\text{背景の光束発散度}) - (\text{視標の光束発散度})}{\text{背景の光束発散度}} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{A})$$

氏の方法による対比は、視角 $1'$ の小さい円形視標の視認視力の場合だけは妥当であるが、その他の場合には対比が正の場合と負の場合とで、同一の対比の値に対して視力に著しい差を生ずることを認めた。この差は背景面の光束発散度が 50rlx 以下の場合に認められ、暗いほど著明となる傾向がある。

(2)の方法によって対比を算出した場合は、対比の正負にかかわらず同一の対比の値に対してほぼ近似した視力となることを認めた。ただし光滲の影響の著しい視角 $1'$ 以下の小さな光点の視認視力の場合だけは例外的に対比の正負による視認視力の差が著明に認められた。

上記の事実から、一般に物の見え方を論ずる場合には対比の値の算出方法は(2)の方式によったほうが便利であるものとする。ただし視角 $1'$ 以下の点の視認視力を論ずる場合だけは、例外的に(1)の方式によるのが妥当である。この見解は Blackwell 氏の見解と相反する。

結論(4) 注視点をとりまく直径 5° の範囲の明るさと、その周囲の視角約 80° の明るさとの比が、視力にいかなる影響を及ぼすかという問題について、対比可変装置を用いて実験した。その結果、注視点にある物が最も見やすいのは、中心部とその周囲が等しい明るさのときではなくて、中心が周囲の 1.1 ないし 3 倍の明るさのときであった。また、中心部が周囲より明るい場合はほとんど視力が低下しないが、周囲が 300rlx 以下の明るさの場合に、中心部がその約 20 倍以上の明るさになったとき、やや視力が低下する傾向が認められた。

これに反して、中心部が周囲よりも暗い場合は、著しく視力が低下し、この視力低下の傾向を示す曲線を、周囲の明るさ 50rlx, 150rlx, 300rlx, 750rlx, 1,500rlx, おおのについて求めた。かかる視力低下は周囲が暗いほど著しいことが認められた。

結論(5) 対比が強すぎることによって物が見えにくくなることについて対比可変装置を用いて実験した。かか

る現象は光滲現象の一種で、対比が負の場合の 2 線視標だけに起こり、背景の明るさ 5rlx から 750rlx の範囲では対比 (-P.C.C.) が 89.4% 以上に達した場合に認められ、低い明るさほど視標が見にくくなるために大なる対比を要する傾向が認められた。

記後 本研究は照明学会照度調査委員会基礎研究班(主査、慶大植村操教授)の研究の一部として行なわれたもので、目下慶大眼科学教室において照度と目の疲労に関する研究が進行中である。研究実施に際し多大の御援助を賜った照明学会の皆様および慶大眼科学教室のかたがたに謝意を表します。

文 献

- (1) 野崎道雄：照学誌，**44** (1960) 116
- (2) C. L. Crouch : I. E. **63** (1958) 416
- (3) H. R. Blackwell : I. E. R. I. Research Symposium (1958)
- (4) Cobb and Moss : I. E. **23** (1928) 491
- (5) Luckiesh and Moss : Science of Seeing (1937)
- (6) 平沢英司：日眼**41** (1937) 683, 848
- (7) 大塚任，本田得二：日眼，**44**, (1940) 2253
- (8) 国井彦十：日眼**30** (1926) 992
- (9) Foxell and Stevens : Brit J. Ophth., **39** (1955) 513
- (10) 白玖寿雄：岡山医学会雑誌**484** (1930) 1121
- (11) 大塚任外：日眼**44** (1940) 2065
- (12) 箕越中：日眼**37** (1933) 1009
- (13) 馬詰讓：臨眼 **3** (1949) 247
- (14) H. R. Blackwell : J. O. S. A. Program of the 46 Annual Meeting
- (15) 印東太郎：照学誌**45** (1961) 504—509
- (16) Blackwell : J. O. S. A. **44** (1954) 322—326

(受付 37.3.2)