ランドルト環視標の輝度対比および 順応輝度と視力との関係

専門会員 池田 紘一* 正会員 野田 貢次** 専門会員 山口昌一郎***

Visual Acuity as a Function of Luminance Contrast of Landolt Rings and Adaptation Luminance

Koichi Ikeda (Fellow Member)

(Faculty of Science and Engineering, Science University of Tokyo)

Koji Noda (Member)

(TL Yamagiwa Laboratory Inc.)

Shoichiro Yamaguchi (Fellow Member)

(Faculty of Engineering, Tokyo Institute of Technology)

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the visual acuity as a function of the luminance contrast of the test objects and the adaptation luminance. The test objects are Landolt rings with the luminance contrast from 3 to 92%. The observers, all with normal vision, judge the break orientations of the Landolt rings by guessing. Visual experiments are carried out according to the standard method of the visual acuity test. Results obtained are as follows.

(1) The resolvable visual angle θ can be expressed as a function of the luminance contrast C (%) and the adaptation luminance L (cd/m²),

$$\theta = \frac{1.6293 C^{-0.3234} (0.8034 C^{-0.1876} + L^{1/4})^4}{L} \text{ (minutes)}$$

For practical use, following equation is derived as a simple and convenient formula to calculate the resolvable visual angle.

$$\theta = \frac{1.7 C^{-1/3} (0.85 C^{-1/5} + L^{1/4})^4}{L} \text{ (minutes)}$$

(2) As the luminance contrast of the test objects can not be discriminated below a certain adaptation luminance, the visual acuity is not defined and the above equations do not hold below this luminance. This threshold luminance is expressed as a function of the luminance contrast; *i. e.*,

$$L = 2.974 C^{-1.7234} \text{ (cd/m}^2\text{)}$$

(3) The visual acuity in the vertical and the horizontal directions are slightly higher than those in the oblique one irrespective of the luminance contrast of the Landolt rings.

1. ま え が き

人間が視作業を行なう際の明視の条件としては、視野の明るさ、視対象の輝度対比、大きさ、色および対象を見る時間などが考えられる。これらを十分に考慮することによって、効率よく視作業が行なえる視環境を設定することができる。事務所空間など

における一般の視作業では、視対象の提示時間は十分に長く、さきの条件のうち時間については除かれると考えられる。現在わが国では、視環境に対する基準の一つとして日本工業規格の照度基準があるが、この基準は明るさだけを取り上げており、視対象の大きさ、対比などについてはあまり考えられておらず、人間の物を識別する能力とは必ずしも対応が良いとはいえない。物を識別する能力の一つとして視力を考えた場合、視力は人間の順応している輝度、および視対象の輝度対比によって変化するため、照明条件を決める際には、これらとの関係を考慮することが必要と考えられる。

* 東京理科大学理工学部

** ㈱TLヤマギワ研究所

*** 東京工業大学工学部

本論文の一部は、昭和53～57年度照明学会全国大会、昭和53年度電気学会視覚情報研究会および昭和55年度電気学会光応用・視覚研究会で発表した。

一般に用いられている視力検査用の視標としては、ランドルト環視標、ローマ字視標、ひらがな視標、かたかな視標などがある。このうちランドルト環視標は、1909年に国際眼科学会において国際的標準視標として採択された。この決定は Snellen および Giraud-Teulon が最小視角1分を標準として以来、視角1分を視力の単位とすることが広く認められたことによるものである。文字視標はランドルト環視標との比較実験によってその寸法が決められたものであるが、同じ寸法でも文字によって見やすさが異なるという欠点があり、ランドルト環視標に比べて正確さに欠ける。わが国においても1964年に視力検査基準が見直された際に、標準視力検査装置の視標はランドルト環視標と定められたが、これはランドルト環視標より優れた視標が無かったためである。

さらに輝度対比92%のランドルト環視標を用いて、推測法¹⁰⁾により視力の測定を行ない、分解できる視角を順応輝度の関数として表わしたが^{11)~19)}、本研究では種々の輝度対比の視標を用いて視力の測定を行ない、分解できる視角を順応輝度、および視標の輝度対比の関数として表現することを試み、視作業の効率に関する評価を行なう上での一つの指針を与えることを目的とした。

2. 視力の測定方法

2.1 視標の作成方法

視力検査に用いる視標として、輝度対比92%、30%、10%、6%および3%のランドルト環視標を準備した。輝度対比92%の視標については前回使用したものを用いたが、輝度対比30%以下の視標については、無光沢で中間調のよく出る印画紙（イルフォスピード2.24M）を用い、ランドルト環の切れ目幅3.6mm以下についてはガラス乾板による密着焼付け、4mm以上についてはネガからの引き伸ばしにより新たに作成した。

用いた視標の寸法の誤差は視力検査基準に従い、設計値の±3%以内とした。また輝度対比の誤差は輝度対比30±1%、10±1%、6±0.3%および3±0.3%以内とした。それぞれの輝度対比の視標の寸法および輝度対比の誤差の範囲を表1に示す。ランドルト環の寸法は約10%ずつ大きくなるように設計した。

視標の方向は各寸法について、上下、左右、およびそれらの中間の8方向とした。輝度対比30%の視標については各方向2枚ずつ、10%、6%および3%の視標については各方向1枚ずつ作成

表1 視標の寸法と誤差の範囲

輝 度 対 比			ランドルト環の切れ目幅			視標の数 (枚)
設計値 (%)	最大値 (%)	最小値 (%)	設計値 (mm)	最大値 (%)	最小値 (%)	
30	30.9	29.2	0.4~42.2	2.4	-2.8	720
10	10.8	9.3	0.75~53.1	2.8	-2.7	328
6	6.23	5.81	1.0~42.2	3.0	-3.0	272
3	3.24	2.80	1.0~42.2	3.0	-3.0	272

図1 提示用視標（輝度対比30%）

した。図1に提示用視標の例を示す。

2.2 視 覚 実 験 室

視覚実験室は、前回^{16)~19)}と同じく幅2m、奥行5m、高さ2.4mの部屋で、壁面および床面は白色拡散塗装が施してある。天井には白色拡散板の上に蛍光灯（FLR 40W×16灯）を配置し、これにより拡散照明された均一な背景輝度が得られ、また、0~450 cd/m²の範囲で調光できるようになっている。さらに、これ以上の背景輝度については、蛍光水銀ランプ（HF 400×8灯）により、最高5,000 cd/m²までの輝度が得られるようにしてある。

被験者が視標を観測する距離は5.55mとし、このときの背景視野のうち20°視野内の輝度分布はほぼ均一となっている¹⁸⁾。

2.3 視標の提示方法

視力の測定は各輝度対比の視標ごとに行なった。各順応輝度ごとに用いる視標の寸法の範囲を定めて、ランダムな順序で被験者に視標を提示した。各寸法の8方向の視標を5回提示して1回の実験とし、1人の被験者に3回の実験を各順応輝度ごとに行なった。すなわち一つの順応輝度において各寸法の視標が1人の被験者に対して120回（8方向×5回×3回）提示される。

視標の提示時間は3秒とし、次の視標との間に白紙を2秒提示した。順応時間を除いた1回の実験に要する時間は約1時間となった。順応輝度と順応時間は表2に示す。

表2 順 応 輝 度 と 順 応 時 間

順 応 輝 度 (cd/m ²)	順 応 時 間 (分)
4,000 1,000 100 20	5
5 1	15
0.2 0.1 0.02 0.01	30

被験者は、裸眼で正常視力を有する年齢21から25歳までの男子学生であり、それぞれの輝度対比の視標について、順応輝度と分解能の関係を調べる実験には12名、また詳しく視標の輝度対比と視力の関係を同一被験者群について調べる実験には5名を採用した。各実験に参加した被験者群とその年齢をに表3示す。

表3 被 験 者 の 年 齢

実 験	輝 度 対 比 (%)	被 験 者	年 齢
I	30	R. O.	22
		T. S.	23
		W. Y.	22
		K. W.	22
		T. M.	22
		H. I.	22
	10	H. H.	22
		M. S.	23
		K. H.	22
II	3~6	T. I.	24
		T. M.	21
		H. I.	22
	3~92	H. S.	22
		S. M.	22
		M. S.	25
		M. M.	23
		H. T.	23

2.4 視力の算出方法

被験者は提示されたランドルト環視標を両眼で観測し、切れ目の方向が識別できない場合でも、8方向のいずれかを推測により

答えさせた。この場合、偶然による正解が含まれるが、データ処理の段階で偶然による正解率を除くことにした。この方法を推測法という¹⁰⁾¹⁸⁾¹⁹⁾。

偶然による正解率を除いた真の正解率を正規確率紙の縦軸に、また横軸にランドルト環視標の切れ目幅をとり、これらの点について順応輝度ごとに最小自乗法により回帰直線を引き、確率50%の直線と回帰直線との交点の横座標を、その順応輝度における分解能とした。回帰直線を引いたグラフの例を 図 2 に示す。分解できる視角 θ (分) と W との関係は式(1)で表わされる。

$$\theta = 60 \times 57.3 \tan^{-1} \frac{W}{5,500} \text{ (分)} \dots\dots\dots(1)$$

図 2 ランドルト環の切れ目幅と真の正解率

ここで、5,500 mm は被験者の視標を観測する距離である。

またこの場合の視力は、式(1)によって求めた分解できる視角 θ (分) の逆数として定義される。

2.5 正規確率紙上の回帰直線の傾き

正規確率紙上に引いた回帰直線の傾きを各被験者ごとに求め、これらの平均値を順応輝度に対してプロットしたグラフを 図 3 に示す。各輝度対比の視標について、これらの点は 2 cd/m² 付近で交わる 2 本の直線から成っている。順応輝度の高い部分における直線は錐体視による回帰直線の傾きを示し、順応輝度の低い部分においては杆体視による傾きを示していると考えられる。そこで最小自乗法によりこれらの直線の交点を求めると、順応輝度 1.2~2.9 cd/m² の範囲に交点が存在する。したがってこれらの交点は明所視から薄明視に移り変わる順応輝度と考えられる。

図 3 正規確率紙上の回帰直線の傾き

3. 視覚系の順応条件と視力

3.1 順応輝度と視力

各輝度対比の視標を用いた場合の順応輝度に対する被験者別の視力を 図 4 に示す。輝度対比 6 % および 3 % の視標を用いて測定した視力は同じ被験者群によるものであるが、それ以外はそれぞれ被験者群は異なる。また輝度対比 10 % 以下の実験について被験者は 3 名であるが、これは予備実験により 5 ないし 6 名の被験者のうちの視力の高い被験者と低い被験者を除き、その中間の 3 名を採用しても平均値が全体と変わらなかったため、3 名に限定したものであり被験者の人数については問題ないと考えられる。

図 4 順応輝度と被験者別視力

3.2 方向別視力

輝度対比 92 % の視標を用いた視力の測定結果からは、ランドルト環視標の切れ目の方向が上下、および左右にある場合の視力が斜め方向にある場合よりやや高くなる傾向にあったが、さらに輝度対比の変化に対する方向別視力の関係を検討するために、図 5 に方向別視力の結果を示す。輝度対比の変化にかかわらず、上下および左右方向の視力が斜め方向に比べて 5 % 程度高く、輝度対比の高い場合と同じ傾向を示している。

図 5 各輝度対比における方向別視力の例

4. 視標の輝度対比と視力の近似曲線

4.1 各輝度対比の視標に対する視力の近似曲線

輝度対比 92 % の視標を用いた場合、順応輝度と分解できる視角との関係を次のような近似式で表わした^{18)~19)}。

$$\theta = \frac{0.3775(0.344 + L^{1/4})}{L} \text{ (分)} \dots\dots\dots(2)$$

ここで、 L (cd/m²) は順応輝度である。

そこで、各輝度対比の視標を用いた場合の視力についても同じ形の式で表現することにし、式(3)に示す係数 A および B を各輝度対比ごとに求めることにした。

$$\theta = \frac{A(B + L^{1/4})}{L} \text{ (分)} \dots\dots\dots(3)$$

輝度対比ごとに、各順応輝度における各被験者の分解できる視角の対数平均を実測値とし、この実測値と(3)式で得られる計算値との差の自乗和が最小となる係数 A および B を求めた。ここで差 ϵ は次式で表わされるものとする。

$$\epsilon = \frac{\text{実測値} - \text{計算値}}{\text{実測値}} \dots\dots\dots(4)$$

各輝度対比について、差の自乗和に最小値を与える A 、 B および各順応輝度における視角の実測値と計算値の差を表 4 に示す。輝度対比 6 % の順応輝度 1 cd/m² における差が -17 % とやや大きい、二、三の点を除けば差の範囲はほぼ ± 10 % 程度と

表 4 分解できる視角の実測値とそれぞれの輝度対比における係数を用いた計算値との差

輝度対比30% A=0.4297 B=0.444			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	0.53	0.53	0
1,000	0.57	0.58	-1.75
100	0.75	0.73	2.67
20	0.94	0.92	2.13
5	1.29	1.22	5.43
1	1.89	1.87	3.89
0.1	3.96	4.41	-11.36
0.02	10.01	9.72	2.90
0.01	15.32	14.35	6.33

輝度対比10% A=0.5604 B=0.480			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	0.69	0.71	-2.90
1,000	0.75	0.78	-4.00
100	0.99	0.99	0
20	1.42	1.27	10.56
5	2.69	2.69	0
1	4.60	4.88	-6.09
0.1	6.83	6.61	3.22

輝度対比6% A=0.7848 B=0.494			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	1.02	1.00	1.96
1,000	1.06	1.10	-3.77
100	1.44	1.40	2.78
20	1.99	1.82	8.54
5	3.34	3.91	-17.07
1	7.42	7.17	3.37
0.1	10.66	9.77	8.35

輝度対比3% A=1.118 B=0.564			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	1.57	1.47	6.37
1,000	1.60	1.64	-2.50
100	2.30	2.16	6.09
20	2.68	2.88	-7.46
5	5.98	6.69	-11.87
0.1	14.92	12.91	13.47

り、差も平均されており十分近似されていると考えられる。

4.2 視標の輝度対比と視力の近似曲線の係数

視標の輝度対比と視力の近似曲線の係数との関係を明らかにするために、前節までの実験のほかに同一の被験者群で各輝度対比の視標を用いた場合の視力を測定する必要がある。そこでさらに裸眼で正常視力を有する年齢22～25歳の男子学生5名を採用し、輝度対比92%から3%までの視標をランダムな順序で提示して視力の測定を行ない、輝度対比に対する係数の変化を調べることとした。

順応輝度は1 cd/m² から1,000 cd/m² の間で変化させ、得られたデータと1 cd/m² より低い部分については4.1で求めた曲線の上下方向への平行移動により推定したデータとを用い、最小自乗法により、各輝度対比の視標に対する分解できる視角を順応輝度の関数として表わした。

図 6 視標の輝度対比と視力の近似曲線の係数

さらに、これらの関数の係数と輝度対比との関係を明らかにするために、両対数グラフにプロットしたところ、図 6 に示されるようにほぼ直線的に変化することがわかる。(2)式を求めた実験の被験者群の視力がほぼ平均的な値であったため^{16)~19)}、輝度対比92%でA=0.3775、B=0.344を通るような直線を最小自乗法で求めると次式になる。

$$\log A = -0.3234 \log C + \log 1.6293 \dots \dots \dots (6)$$

$$\log B = -0.1876 \log C + \log 0.8034 \dots \dots \dots (7)$$

ここで、Cは視標の輝度対比(%)である。

式(6)、(7)で表わされるAおよびBを式(3)に代入することにより、分解できる視角を順応輝度と視標の輝度対比の関数で表わすことができる。

$$\theta = \frac{1.6293 C^{-0.3234} (0.8034 C^{-0.1876} + L^{1/4})^4}{L} \quad (\text{分}) \dots (8)$$

表 5 分解できる視角の補正後の実測値と統一した式を用いた計算値との差

$$\theta = \frac{1.6293 C^{-0.3234} (0.8034 C^{-0.1876} + L^{1/4})^4}{L} \quad (\text{分})$$

輝度対比92%			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	0.46	0.45	2.17
1,000	0.46	0.48	-4.35
100	0.58	0.57	1.72
20	0.71	0.69	2.82
5	0.91	0.86	5.49
1	1.21	1.23	-1.65
0.1	2.42	2.55	-5.37
0.02	4.58	5.07	-10.70
0.01	7.98	7.17	10.15
0.005	10.94	10.45	4.48

輝度対比30%			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	0.58	0.67	-15.52
1,000	0.62	0.73	-17.74
100	0.82	0.90	-9.76
20	1.03	1.13	-9.71
5	1.41	1.47	-4.26
1	1.97	2.23	-13.20
0.1	4.33	5.14	-18.71
0.02	10.94	11.14	-1.83
0.01	16.74	16.32	2.51

輝度対比10%			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	0.88	1.00	-13.64
1,000	0.97	1.10	-13.40
100	1.27	1.43	-12.60
20	1.82	1.87	-2.75
5	3.44	4.15	-20.64
0.2	5.89	7.77	-31.92
0.1	8.74	10.68	-22.20

輝度対比6%			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	1.15	1.21	-5.22
1,000	1.20	1.35	-12.50
100	1.63	1.78	-9.20
20	2.25	2.39	-6.22
5	3.77	5.60	-48.54
0.2	8.38	10.89	-29.95

輝度対比3%			
順応輝度 (cd/m ²)	実測値 (分)	計算値 (分)	差 (%)
4,000	1.77	1.57	11.30
1,000	1.81	1.77	2.21
100	2.60	2.42	6.92
20	3.03	3.35	-10.56
5	6.76	8.54	-26.33

表4に示す実測値を輝度対比92%の視標を用いて視力を測定し、(2)式を求めた実験の被験者群の視力を基準として、補正した異測値と式(8)によって求めた計算値、およびその差を表5に示す。視標の輝度対比6%, 順応輝度1 cd/m²における視角の差が40数%と大きい、この点を除くと差の範囲は±25%程度であり、実用的にはほとんど問題ないと考えられる。

4.3 輝度対比を識別できなくなる順応輝度

順応輝度を低くしていくと、図7に示すように視標が大きくなっても真の正解率が50%に達しない順応輝度、すなわちランドルト環をいくら大きくしても、その切れ目が識別できなくなる限界を示す順応輝度が存在する。この順応輝度より低い場合には、ランドルト環の輝度対比そのものの識別が不可能となり、空間的に分解できる視角、または視力が定義できなくなる。

図7 真の正解率が50%を超えなくなる場合の例

図8 視力が定義できる限界を示す順応輝度と視標の輝度対比

図8に、各輝度対比の視標に対するこの限界となる順応輝度を示す。これらの点を対数グラフ上の直線で近似すると、次式となる。

$$L = 2.974 C^{-1.7324} \text{ (cd/m}^2\text{)} \quad (9)$$

ここで、 $C(\%)$ は視標の輝度対比である。

図8において、式(9)で表わされる直線より上の部分で視力が定義できる。したがってこの視力の存在する領域を表わすと次の不等式となる。

$$L \geq 2.974 C^{-1.7324} \text{ (cd/m}^2\text{)} \quad (10)$$

式(8)の視力の近似曲線から得られたグラフに、式(10)の制限を加えると図9となり、漸近線は視力の存在の限界を示すものである。

4.4 輝度対比と視力

図10に輝度対比と視力との関係を示す。図10において、たとえば視力0.4を得るためには、輝度対比3%では順応輝度が100 cd/m²必要となるが、輝度対比が10倍の30%になると、必要な

図9 分解できる視角の近似曲線(補正済み)

図10 輝度対比と視力(補正済み)

順応輝度は1/100の1 cd/m²となり、輝度対比の変化が順応輝度の変化よりも大きく視力に影響を与えていることがわかる。

4.5 実用的な視力の近似曲線

4.2で述べた視力の近似曲線は各係数が複雑で、計算を簡便に行なうためにはあまり適しているとはいえない。そこで式(8)のべき乗の係数を近似値で表わし、さらに輝度対比92%で式(8)と合うように係数を決めてみると、次式に示すようなより実用的な形が得られる。

$$\theta = \frac{1.7 C^{-1/3} (0.85 C^{-1/5} + L^{1/4})^4}{L} \text{ (分)} \quad (11)$$

ここで、 $L(\text{cd/m}^2)$ は順応輝度、または $C(\%)$ は視標の輝度対比である。式(11)によって求めた分解できる視角と実測値との差を表6に、図11に式(8)および(11)式によって求めた視力の近似曲線を示す。式(11)を用いて求めた値は、実測値との差が式(8)を用いた場合よりも大きくなっているが、差はマイナス側に増えている。すなわち、分解できる視角が実測値に比べ大きくなっている。

表6 分解できる視角の実測値と実用的な近似式による計算値との差

$$\theta = \frac{1.7 C^{-1/3} (0.85 C^{-1/5} + L^{1/4})^4}{L} \text{ (分)}$$

輝度対比	92%	30%	10%	6%	3%
順応輝度 (cd/m ²)	差 (%)	差 (%)	差 (%)	差 (%)	差 (%)
4,000	2.17	-17.24	-17.05	-8.70	7.34
1,000	-4.35	-19.35	-17.53	-16.67	-2.76
100	1.72	-10.98	-16.54	-14.11	0.77
20	2.82	-11.65	7.14	-12.00	-19.14
5	5.49	-7.09	—	—	—
1	-1.65	-16.24	-27.91	-60.21	-39.79
0.2	—	—	-41.43	-42.00	—
0.1	-5.37	-22.86	-31.69	—	—
0.02	-10.70	-5.94	—	—	—
0.01	-10.15	-1.73	—	—	—
0.005	4.57	—	—	—	—

図 11 視力の近似曲線

ため、実用上は問題ない。また実際の視力検査において、視力の値はとびとびの値、たとえば 0.8, 1.0, 1.2, 1.5, 2.0 のような値を測定しているが、これらの値を用いて何ら不つごうが生じていない。

以上のことから、式(11)に示す簡便な式を用いて視力を計算しても差し支えないと考えられる。

4.6 これまでの結果との比較

これまでに報告されている視標の輝度対比と視力との関係と、本研究の結果とを比較して図 12 に示す。

図 12 これまでに行なわれた順応輝度と視力の関係との比較

中根の結果は¹²⁾¹³⁾、輝度対比92%については本研究の結果と大きな差はないが、低い輝度対比については本研究の結果に比べて全体的に視力が低くなっている。しかしながら順応輝度が 1,000 cd/m² より高く、輝度対比10%以上の視標については本研究より視力が高くなっている。これは中根の実験が明るさに関する上昇系列だけで行なわれていることにより、視標の識別しやすい高い順応輝度、および高い輝度対比の視標について視力が高くなったと考えられる。また中根の結果は実測値をなめらかな曲線で結んだグラフから読み取った値であるが、実測値とこの曲線との誤差については検討がなされていない。さらにこの曲線を近似して次式のように表わしている。

$$Y = \exp \{K (\ln X)^2 - L (\ln X) - M\} \dots\dots\dots (12)$$

ここで、Yは視標の輝度対比、Xは順応輝度 (cd/m²)、K、L およびMは視力ごとに与えられる定数である。式(12)は視力をパラメータとして、視標の輝度対比と順応輝度の関係を表わしたものであるが、視力ごとに定数を与えるという煩雑さがあり、本研究で求めた式のほうが使いやすくより実用であると考えられる。

Conner の結果²⁾は、順応輝度約 3 cd/m² より低い部分でしか実験が行なわれていない。輝度対比が30%までは本研究の結果と近い値となっているが、輝度対比が10%より低い部分については

視力が低くなっており、中根の結果と同じ傾向にある。Conner および中根の実験では、順応輝度 1 cd/m² における視力が本研究より約50%低くなっているが、これは Conner および中根の実験において、白熱電球の下で視力を測定しているのに対して、本研究では白色蛍光ランプ、および蛍光水銀ランプの下で視力の測定が行なわれたことによるものと考えられる。すなわち順応輝度が低く、視標の輝度対比が低い部分では、視覚系の順応している光源の分光分布によって視力に差が生じるものと考えられる。

5. あとがき

本研究は、輝度対比92%から3%までの5種類のランドルト環視標を用いて、均一な背景の下で種々の順応輝度について視覚実験を行ない、各輝度対比の視標について視力と順応輝度の関係を推測法を用いて検討し、さらに視力を順応輝度と輝度対比との関数で表現することを試みた。得られた結果は以下のとおりである。

(1) 分解できる視角を、順応輝度と視標の輝度対比の関数で表わし次式を得た。

$$\theta = \frac{1.6293 C^{-0.3234} (0.8034 C^{-0.1976} + L^{1/4})^4}{L} \text{ (分)} \dots\dots (13)$$

ここで、L (cd/m²) は順応輝度、また C (%) は視標の輝度対比である。

(2) 順応輝度を低くしていくと、ある順応輝度以下では視標の輝度対比を識別できなくなり、この順応輝度以下では視力が定義できなくなる。この順応輝度は分解できる視角を表わす関数に制限を与えるもので、次式に示される領域で分解できる視角の計算が可能である。

$$L \geq 2.974 C^{-1.723} \text{ (cd/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (14)$$

ここで、C (%) は視標の輝度対比である。

(3) 方向別の視力に関して検討を行なった結果、視標の輝度対比の変化にかかわらず、上下および左右方向の視力が斜め方向の視力に比べてわずかに高い傾向を示した。

(4) Conner および中根のデータと比較した結果、視標の輝度対比が低く順応輝度が低い部分で、本研究の結果より視力が低くなっている。これは視覚系の順応している光源の分光分布の差によるものと考えられる。

(5) 分解できる視角を表わすより簡便で実用的な関数として、次式を考えた。

$$\theta = \frac{1.7 C^{-1/3} (0.85 C^{-1/3} + L^{1/4})^4}{L} \text{ (分)} \dots\dots\dots (15)$$

ここで、L (cd/m²) は順応輝度、また C (%) は視標の輝度対比である。

本研究では、白色蛍光ランプおよび蛍光水銀ランプの下で視力の測定を行なったが、異なる分光分布を持つ光源および単色光の下での視力の測定を行ない、光源の違いによる視力の変化を検討する予定である。

おわりに、本研究を行なうにあたってご配慮およびご援助をいただいた東京理科大学小原清成教授、神山雅英教授、ならびに日本大学室井徳雄教授に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) Moon, P and Spencer, D. E.: Visual Data Appellied to Lighting Design, J. Opt. Soc. Am. 34-10 (1944) 605
- (2) Conner, J. P. and Ganoung, R. E.: An Experimental

- Determination of the Visual Thresholds at Low Values of Illumination, J. Opt. Soc. Am. **25**-9 (1935) 287
- (3) Shlaer, S.: The Relation between Visual Acuity and Illumination, J. Gen Physiol. **21** (1937) 165
- (4) 広田敏男：視力と照度との関係に就て実験的研究, 日眼 **31** (昭2) 876
- (5) 江口 寿：健康眼及び異常眼に於ける高輝度と視力との関係併せて眩輝に就きて, 日眼 **34** (昭5) 1942
- (6) 早川宏学：輝度と瞳孔の大きさおよび視力に就ての研究, 日眼 **42** (昭13) 1356
- (7) 大塚 任：試視力表の照明に関する研究, 日眼 **42**(昭13) 890
- (8) 大塚 任：明室及び暗室に於ける視力の差異に就て, 日眼 **44** (昭15) 2065
- (9) 大島, 榎本, 篠田, 高垣：視力検査の標準装置試案, 日眼 **66** (昭37) 773
- (10) 篠田 茂：推測法による視力測定に関する研究, 日眼 **67** (昭38) 65
- (11) 大島, 篠田, 高垣, 榎本：視力の閾値の基準化について, 日眼 **67** (昭38) 442
- (12) 中根芳一, 伊藤克三：明視照明のための標準等視力曲線に関する研究, 建学論 **229** (昭50) 101
- (13) Nakane, Y. and Ito, K.: Study on Standard Visual Acuity Curves for Better Seeing in Lighting Design, J. Light Vis. Environ. **2**-1 (1978) 38
- (14) 萩原 朗：視力の検査基準について, 日本医事新報 **2085** (昭39) 29
- (15) 大島祐之：視力検査の基準化について, 照学誌 **49**-2 (昭40) 73
- (16) 池田, 野田, 山口：視覚系の順応条件とランドルト環視力, 照学全大 (昭53) 71
- (17) 池田, 野田, 山口：推測法によるランドルト環視力の測定, 電学視覚情報研究会 VIN **78**-9 (昭53) 1
- (18) 池田, 野田, 山口：均一な背景の下における順応輝度とランドルト環視力, 照学誌 **64**-10 (昭55) 591
- (19) Ikeda, K., Noda, K. and Yamaguchi, S.: A Relation between Adaptation Luminance and Visual Acuity for the Landolt Ring under the Uniform Background, J. Light Vis. Environ. **4**-2 (1980) 22
- (20) 池田, 野田, 山口：輝度対比30%の視標を用いたランドルト環視力の測定, 照学全大 (昭54) 50
- (21) 池田, 野田, 山口：輝度対比10%の視標を用いたランドルト環視力の測定, 照学全大 (昭55) 72
- (22) 池田, 野田, 山口：低輝度対比ランドルト環視標を用いた視力の測定, 電学光応用・視覚研究会 LAV-80-18(昭55) 1
- (23) 池田, 野田, 山口：輝度対比6%および3%の視標を用いたランドルト環視力の測定, 照学全大 (昭56) 69
- (24) 池田, 野田, 山口：ランドルト環視標の輝度対比と視力の近似曲線の係数, 照学全大 (昭57) 94

(受付1982年11月15日)

学会カレンダー

日 時	内 容	関 連 記 事	備 考
58.10.14	電気四学会関西支部見学・講演会	Vol. 67 No. 9	照明学会関西支部
58.10.14, 15	電気関係学会九州支部第36回連合大会	Vol. 67 No. 8	照明学会九州支部
58.10.19	電気四学会関西支部見学・講演会	Vol. 67 No. 9	照明学会関西支部
58.10.20	電気四学会関西支部見学会	Vol. 67 No. 9	照明学会関西支部
58.10.25, 26	SICE 関西支部シンポジウム講演	Vol. 67 No. 6	計測自動制御学会
58.10.28	昭和58年度照明学会東京支部大会	Vol. 67 No. 8	照明学会東京支部
58.10.30	昭和58年電気四学会中国支部連合大会	Vol. 67 No. 7	照明学会中国支部
58.10.31	'83国際シンポジウム	Vol. 67 No. 9	照明学会
58.11. 2	'83国際シンポジウム	Vol. 67 No. 9	照明学会
58.11. 4	同上技術討論会	Vol. 67 No. 9	照明学会
58.11. 3~5	国際会議講演論文募集	Vol. 67 No. 2	神戸国際会議場 テレビジョン学会
58.11.26, 27	昭和58年電気関係学会関西支部連合大会	Vol. 67 No. 7	照明学会関西支部
59. 4. 3~4	昭和59年度(第19回)照明学会全国大会	Vol. 67 No. 9	照明学会