高輝度面の実効輝度への影響

実効輝度関数 $F(\theta)$ の定量方法に関する検討 (その1)

INFLUENCE OF GLARE SOURCE TO EFFECTIVE LUMINANCE

Study on measurements of effective luminance function $F(\theta)$ part 1

井上 容子*, 野口 太郎**, 伊藤 克三***

Youko INOUE, Tarow NOGUCHI and Katsuzoh ITOH

To establish the measurement method of effective luminance function $F(\theta)$, the experiment using glare source was conducted and found followings.

1. The value of equivalent veiling luminance caused by glare source is determined independently of the background luminance and the direction of glare source at a distance within 10 degrees from the center of field.
2. The equivalent veiling luminance caused by plural glare sources is equal to the total veiling luminance caused by each source.

Futher $F(\theta)$ was measured by using glare source, and it was expected that the shape of $F(\theta)$ was change in the neighbourhood of $\theta = 30$ to 60 minutes.

Keywords : effective luminance, adaptation luminance, equivalent veiling luminance, stray light, disability glare, visibility

実効輝度 順応輝度 等価光幕輝度 散乱光 減能グレア 視認性評価

1. はじめに

不均一輝度視野における視認能力の解明は、視認問題を取り扱う上での重要課題であり、これまでも幾つかの研究がなされている¹⁾⁻⁴⁾。任意の輝度分布を持つ視環境での視認能力の評価は均一輝度視野における眼の感度を基準として、検討視野を眼の感度に関して等価な均一視野に置換し、この視野の輝度を順応輝度として取り扱えばよい。問題は等価な均一視野を如何にして予測するかであり、普遍的な解決策は今日なお得られていない。

これまでの研究において不均一輝度視野を眼の感度に関して等価な均一視野の輝度に置き換えるという手法を用いながら、視認能力を統一的に扱い得るに至らない最大の原因は、不能グレアにおいては眼球内の散乱光を扱いながらも、グレア源の無い視野においては眼球光学系が有する散乱特性等により網膜中心窩が受けている刺激が注視点の輝度そのものとは異なることが視認性評価手法に生かされていない点にあると考える。

実効輝度に関する研究⁵⁾⁻⁶⁾により、注視点の実刺激が実効輝度関数 $F(\theta)$ から求められることが明らかにされたため、不能グレアの問題や逆対比視標の視認性の問題を含め、任意の輝度分布を有する視野における眼の順応輝度の問題についても、 $F(\theta)$ を用いることで眼への実刺激量が把握されれば、視認性評価は全てその時の眼の感度の問題に帰着させられることになる。

視認問題全般に実効輝度理論を適用していくためには、これまでの線視標の視認閾値から求める注視点近傍の θ に対する $F(\theta)$ では不十分であり、視野全域に渡る θ についてのものが必要とされる。本報は θ の大きな範囲における $F(\theta)$ の定量方法として高輝度面による順応輝度の増加量を用いることに関する検討結果の報告である。

2. 実効輝度と順応輝度

「同一対比のものであっても大きいものほど見やすい」

* 奈良女子大学生生活環境学部、住環境学講座
助教授・工博

** 関西大学工学部建築学科 助教授・工博

*** 大阪大学 名誉教授・工博

Associate Prof., Dept. of Residential Environment and Design, Faculty of Human Life and Environment, Nara Women's Univ., Dr. Eng.
Associate Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Kansai Univ., Dr. Eng.
Emeritus Prof. of Osaka Univ., Dr. Eng.

という現象に対して、眼球内の散乱特性を考慮することによって合理的説明を加え、視対象が見えるか否かは視標と背景との実刺激の差が識別できるかどうかで決まると考えられることを示し、視認問題が実刺激（＝実効輝度）と眼の感度（＝輝度差弁別閾値）の2者によって統一的に把握されることを検証してきた⁵⁾。これら実効輝度による視認解析の基礎は実効輝度関数 $F(\theta)$ にあり、各注視点の実効輝度は $F(\theta)$ を用いることで求められる。

$F(\theta)$ とは、 1.0cd/m^2 と 0cd/m^2 に一次元的に二分されている視野 $H(\theta)$ において、境界線からの距離 θ の位置を注視した時の実刺激を示すものである（図1）。

図1 実効輝度関数 $F(\theta)$

不能グレア源の存在しない一般的な視認の場合であれば、注視点から約80分以上離れた範囲からの散乱光の実効輝度への影響は無視して差し支えないため、これまではその範囲では $F(\theta)=0$ として扱ってきた。しかしながら、注視点から離れていてもある程度の面積を有する高

図2 線視標による等視力曲線

$$k(\alpha) = \Delta L_0 / \Delta L(\alpha) \quad (1)$$

$$F(\theta) = (1 - k(2\theta)) / 2 \quad (2)$$

ここで ΔL_0 と $\Delta L(\alpha)$ は同一背景における値であり、
 ΔL_0 : 最小輝度差弁別閾値（＝巾160分以上の視標による閾状態での背景と視標面の輝度差）
 $\Delta L(\alpha)$: 巾 α の視標による閾状態での背景と視標面の輝度差

輝度面であれば、これによる散乱光量の順応輝度への影響が無視できなくなり、これを考慮するためには θ が80分以上の範囲についても小数点以下数桁まで明確にした $F(\theta)$ が必要となる。

これまでは、均一輝度背景の視野における線視標による視認閾の測定結果から等視力曲線（図2）を作成し、線視標の実効率 $k(\alpha)$ を求め、(2)式から $F(\theta)$ を得てきた⁵⁾⁻⁶⁾。しかし、図2から明らかなように、この方法では視標の巾が大きくなると、巾の違いによる閾値の差が小さくなり、 $F(\theta)$ の精度よい測定は望めない。

不均一輝度視野における視認能力が中心窩への刺激量のみで定まっているものであれば、定常的な条件下で眼の感度（＝輝度差弁別閾値）が等しい場合は実効輝度が等しい。この場合の実効輝度が眼の感度に関して等価な均一視野の輝度である。このような取り扱いによって得られた実効輝度関数を用いることで、任意の輝度分布を持つ視野における視認能力を実用上十分に説明することが出来れば、実効輝度の予測が即ち順応輝度の予測となり、順応輝度の取り扱いは明快かつ簡便なものとなる。

尚、本報でいう順応輝度は検討視野と等しい輝度差弁別閾値の得られる均一視野の輝度のことである。

3. 視野内の高輝度面による実効輝度⁷⁾

高輝度面による順応輝度の増加量 cL_v を高輝度面による実効輝度として扱うためには cL_v が実効輝度の有する以下の性質を満たしていることが必要であり、視認実験結果を基にこれらに関する検討を行った。

- ① cL_v は背景輝度には無関係に決まる。（3.2.1）
- ② 輝度のみが異なる全ての高輝度面の単位輝度当りの cL_v は等しい。（3.2.2）
- ③ 複数の高輝度面による cL_v は各面が単独で存在するときに得られる cL_v を加算したものとなる。（3.2.3）

また、 θ が約35分以下において検証された $F(\theta)$ の無方向性⁵⁾ は人の視野を考えれば θ の大きな部分では成立しにくいことは十分に考えられる。ここで、無方向性とは同一形状・輝度の高輝度面であれば、注視点からの距離が一定の場合はその視野上の方位によらず順応への影響が等しいことをいう。無方向性が仮定出来れば取り扱いがより簡便になるため、上記①～③の検討に用いた実験結果を基にこれに関する若干の考察を行った。（3.3）

3.1 実験条件

視標には高輝度面からの散乱光の影響が視標面上ならびにその近傍で等しいとして扱うことの出来る十分に小さなものが望ましいため、視直径4分の円視標（白地に黒）を用いた。円視標の輝度対比を表1に示す。

実験視野には、表3に示す円環または扇型の高輝度面

表1 円視標 (視直径4分)

輝度対比	$C = (L_b - L_t) / L_b$					
0.92	0.72	0.58	0.47	0.37	0.30	0.24
0.19	0.15	0.13	0.099	0.070	0.063	

L_b = 背景輝度 L_t = 視標面輝度

図3 実験視野装置

表2 被験者

被験者	年齢	両眼視力	備考
M.H.	23	0.8	矯正
K.S.	22	1.0	矯正
N.K.	23	1.0	矯正

図4 視野輝度分布

表3 円環状高輝度面 [寸法(分)]

基	A	B	C
本			
バ			
タ			
ー			
ン			

パターン = A, B, C, A+B, B+C, C+A, A+B+C
a, b, c, a+b, b+c, c+a, 均一視野

高輝度面と背景の輝度差 $\Delta L_c = L_c - L_b = 10, 100, 1000 \text{ cd/m}^2$

の6種の基本パターンを組み合わせた13通りの高輝度面パターンを用いた。各パターンについて高輝度面輝度と背景輝度との輝度差を10cd/m²、100cd/m²、1000cd/m²の3通りに設定し、均一輝度視野と併せて計40種類の視野を対象として実験を行った。

実験に用いた視野装置は視野板、高輝度面用光源、および背景輝度用光源の3部分から成る(図3)。視野板は一边180cmの表面に白色艶消し塗装を施した正方形板であり、中央に一边50cmの高輝度面パターン(表3)の呈示口が設けられており、各高輝度面パターンをこの呈示口にセットする。高輝度面部分は乳白色のすりガラスであり、後方からの高輝度用光源(白色20W蛍光灯27本)による照明によって、ガラス部分が均一な高輝度面となる。

背景輝度用光源は白色20W蛍光灯24本である。これにより視野板に暗~5000cd/m²の範囲の任意の背景輝度が設定できる。図4に視野板の呈示口に視野板と同じ表面仕上げをした均一パネルを取り付けた場合の背景輝度用光源からの照明による視野板の輝度分布を示す。完全な均一視野ではないが、高輝度面の順応輝度への影響を把握するための基準視野としては十分なものであると考える。

実験はすべて両眼視による視認閾の測定である。被験者は観察口に設けられた顎台に頭を固定し、視線を視標呈示位置に水平に保った状態で、まず暗視野に3分間順応し、高輝度面が呈示される場合は引き続き高輝度用光源のみを点灯させた状態で呈示視野に1分間順応する。その後、視野中央に呈示された各視標が視認閾となるように被験者が背景輝度を調整する。被験者(表2)は22~23才の正常視力を有する青年男子3名であり、各人各条件を3回被験した。3回の測定値にばらつきはあるが、平均値は全体的な傾向を示すのに十分なものであり、実験結果は全て3回の平均値を用いて示している。

尚、実際には高輝度面輝度は背景輝度用光源を点灯していない状態でそれぞれ10cd/m²、

100cd/m²、1000cd/m²の3通りに設定し、実験中に高輝度用光源を背景輝度に連動させて調光するという操作は行っていない。高輝度面と背景面の反射率はそれぞれ0.4と0.85と異なるため、厳密には背景輝度が大きくなるにつれて高輝度面と背景との輝度差は減少するが、この減少量は大きい場合でも設定目標輝度差の約10%程度であったため、結果の検討はそれぞれ輝度差は10cd/m²、100cd/m²、1000cd/m²で一定であるとして行っている。

3.2 高輝度面の順応輝度への影響

3.2.1 背景輝度の影響

図5に高輝度面A+B+C(内径400分、外径1300分の円環)による測定結果を均一視野における結果と共に示す。高輝度面による散乱光の影響が視標近傍で一定であると見なせば、視標と背景との輝度差は高輝度面の有無に関わらず一定である。視標と背景との輝度差(縦軸)の等しい条件のもとでは眼の感度(=順応輝度)は等しいため、この場合の均一視野の輝度Lと高輝度面Xのある視野の背景輝度L_bとの差(=L-L_b)が高輝度面の順応輝度への影響量 $gL_v(X)$ であると考えられる。

$$gL_v(X) = L - L_b \quad (3)$$

ここで

$gL_v(X)$ = 高輝度面Xによる順応輝度の増加量

L = 高輝度面Xのある視野と同一の輝度差弁別閾値

が得られる均一背景視野の輝度 = 順応輝度

L_b = 高輝度面のある視野の背景輝度

高輝度面がある場合の回帰曲線は「高輝度面による順応輝度の増加量は背景輝度には無関係に一定である」として、即ち図5において同一輝度差弁別閾値(縦軸の値)に対するLとL_bとの差が常に $gL_v(X)$ で一定であるように引いてあるが、実験結果とよく一致している。各回

帰曲線は $L = {}_G L_v(X)$ に対応する輝度差弁別閾値の値に漸近し、 $L_b = 0$ の場合は ${}_G L_v(X)$ が順応輝度そのものであると考えられる。他の高輝度面についても同様の結果が得られており、高輝度面による順応輝度の増加量は背景輝度には無関係に一定であるといえる(検討項目①)。

図5 高輝度面の順応輝度への影響

3.2.2 高輝度面輝度の影響

表4に各高輝度面について得られた順応輝度の背景輝度からの増加量を示す。表4に示した結果より、高輝度面(X)の形状・大きさ並びに視野上の位置が一定であれば、背景輝度や高輝度面の輝度にかかわらず単位高輝度面輝度あたりの順応輝度への影響量は一定であると見なすことができる(検討項目②)。

$${}_G L_v(X) / \Delta L_g(X) = e(X) \quad (4)$$

ここで、

$\Delta L_g(X)$ = 高輝度面Xと背景との輝度差

$e(X)$ = 高輝度面Xの形・大きさ、位置による定数

= 単位高輝度面輝度あたりの順応輝度の増加量

3.2.3 高輝度面の加法的性

表4に示した結果より、高輝度面A+B+C ($= a + b + c$)による順応輝度の増加量は、それぞれ高輝度面A、B、Cによる増加量の和に等しいとみなせる。同様に、高輝度面A+BではAとBの和、B+CではBとCの和、C+AではCとAの和に等しいと見なせる。高輝度面a、b、cについても同様である。高輝度面の順応輝度への影響の加法的性については、これまで研究者によ

表4 高輝度面の順応輝度への影響量 [cd/m^2]

高輝度面パターン	被験者 M.H.			被験者 K.S.			被験者 N.K.		
	10	100	1000	10	100	1000	10	100	1000
A	0.12	1.5	15.0	0.20	1.5	15.0	0.20	1.5	17.0
B	0.07	1.0	7.0	0.04	0.5	4.0	0.06	0.7	8.0
C	0.04	0.5	3.0	0.04	0.5	3.0	0.04	0.6	4.0
A+B	0.20	2.5	20.0	0.23	2.0	20.0	0.26	2.6	25.0
B+C	0.13	1.5	11.0	0.07	1.0	7.0	0.10	1.2	12.0
C+A	0.16	2.0	18.0	0.23	2.0	18.0	0.24	2.0	20.0
a	0.08	0.9	8.0	0.09	0.9	7.0	0.10	1.0	9.0
b	0.09	0.8	8.0	0.07	0.7	9.0	0.10	1.0	9.0
c	0.08	0.9	9.0	0.09	0.8	7.0	0.10	1.0	10.0
a+b	0.16	1.7	18.0	0.15	1.5	15.0	0.20	2.0	18.0
b+c	0.16	2.0	17.0	0.14	1.5	15.0	0.20	2.0	20.0
c+a	0.16	1.8	16.0	0.16	1.3	14.0	0.20	2.0	17.0
A+B+C	0.26	2.8	25.0	0.25	2.6	24.0	0.30	3.0	28.0

図6 高輝度面の方位の影響

って見解の異なるところであるが^{1)・4)}、本実験結果(表4)からは、2つの高輝度面XとYから成る高輝度面Zについては(5)(6)式が成立すると考えられる。即ち、複数の高輝度面による順応輝度の増加量は各面が単独で存在した場合の増加量を加算したものとなる(検討項目③)。

$${}_GL_v(Z) = {}_GL_v(X) + {}_GL_v(Y) \quad (5)$$

$$e(Z) = e(X) + e(Y) \quad (6)$$

3.3 高輝度面の方位の影響

図6は、大きさ・形および注視点からの距離が等しく、注視点に対する方位のみが異なる高輝度面(a, b, c)による結果を比較したものであり、高輝度面と背景との輝度差が100cd/m²、1000cd/m²の場合のものである。

両場合共に各視野a, b, cによる結果はよく一致しており、このことは表4に示した結果からも明かである。

従って、下方に高輝度面がある場合の高輝度面の順応への影響量は他の方向の場合と特に違いはないといえる。

注視点に近いほど方向性は小さく、しかも高輝度面の順応輝度への影響は大きい。このため、本実験結果において方位による差が認められないのは注視点に近い部分の影響量に注視点から離れた部分の方向による差異が打ち消されている可能性がある。また、今回の実験では、順応への影響が小さくなる可能性があると考えられる上方に高輝度面が存在する場合の検討を行うことが出来ないが、順応への影響量を大きく見積ることは視認性評価にとっては安全側である。従って、実用的には注視点から10度の範囲内では方向性は無いものとして取り扱えるものとするが、より広範囲に、より厳密に方向性を把握するためには別途検討が必要である。

4. 高輝度面による順応輝度の増加量からのF(θ)

の定量⁸⁾

ここでは高輝度面による順応輝度の増加量^{1)・10)}から実際にF(θ)を求め、その特性(形状)について検討する。

4.1 実験条件

実験方法は3章の実験と同様である。被験者(表5)は21~23才の正常視力を有する青年男子12名である。視標は線視標(表6)と辺長2.7'の正方形視標(表7)である。高輝度面からの散乱光の影響は正方形視標面上で等しいと見なせる。実験は均一輝度視野、および表8に示した内寸2α、外寸2βの正方形枠状の高輝度面X(α, β)を有する12種類の不均一輝度視野T(α, β)について行った。高輝度面の背景との輝度差ΔL₀は500cd/m²で一定である。

実験装置は基本的には図3に示した装置と同様のものであるが、視野板の高輝度面パターンの呈示口をより大きなパターンが呈示できるように改良したものを用いた。また、高輝度用光源は容量を上げFLR40W81本とし、背景

表5 被験者

視力	人数	備考
左 右		
0.5 1.0	1	22才10名
0.3 1.2	1	23才2名
1.0 1.0	2	
0.9 1.5	1	矯正6名
1.2 1.2	3	裸眼6名
1.5 1.5	2	
2.0 2.0	2	

表6 線視標 [巾(分)]

巾	輝度対比	巾	輝度対比
0.5	0.92~0.50	16	0.87~0.0079
1.0	0.81~0.10	32	0.72~0.020
2.0	0.91~0.039	64	0.72~0.020
4.0	0.81~0.011	125	0.93~0.013
8.0	0.81~0.023	250	0.88~0.009

表7 正方形視標

輝度対比
0.91 0.72 0.50 0.31 0.20
0.12 0.071 0.057 0.042 (辺長2.7分)

表8 正方形枠状高輝度面 X(α, β)

高輝度面の形状 (ΔL ₀ = L ₀ - L _b = 500cd/m ²)	寸法(分)			
	α	β	α	β
	34	67	530	1050
	67	130	1050	1700
	130	270	530	1700
	270	530	750	1200
	67	530	1200	3000
	130	530	750	3000

図7 実験視野 T(α, β) の分解

図8 等価光幕輝度からのF(θ)の算出例

輝度用光源としてはより均一な背景輝度が呈示できるように220cm×220cmの板にFLR40W16本とFLR20W16本とを観察窓に対して放射状に設置したものを用いた。

4.2 F(θ)の算定結果

同一輝度差が并別閾となる均一視野の背景輝度Lと各不均一視野T(α, β)の背景輝度L_bの差として、高輝度

面 $X(\alpha, \beta)$ による順応輝度の増加量 $gL_v(\alpha, \beta)$ が得られる。この $gL_v(\alpha, \beta)$ が正方形枠状の高輝度部分による実効輝度である。実験視野 $T(\alpha, \beta)$ は、図7に示すように分解されるため、

$$L = gL_v(\alpha, \beta) + L_b \quad (7)$$

$$= \Delta L_G \cdot k(2\beta, 2\beta) - \Delta L_G \cdot k(2\alpha, 2\alpha) + L_b \quad (8)$$

$$gL_v(\alpha, \beta) / \Delta L_G = k(2\beta, 2\beta) - k(2\alpha, 2\alpha) \quad (9)$$

$$k(2\beta, 2\beta) = gL_v(\alpha, \beta) / \Delta L_G + k(2\alpha, 2\alpha) \quad (10)$$

ここで $k(x, x)$ は辺長 x の正方形の実効率、即ち ΔL_G が 1.0cd/m^2 の場合の正方形中心の実効輝度と背景輝度との差であり、無方向性を仮定すれば、線視標の実効率との間に(11)式が成立することが明らかにされている⁵⁾。

$$k(x, x) = k(x) \cdot k(x) \quad (11)$$

したがって、(2)式と(10)式より、

$$F(\beta) = \frac{1 - k(2\beta, 2\beta)^{0.5}}{2} \quad (12)$$

$$= \frac{1 - \{gL_v(\alpha, \beta) / \Delta L_G + (1 - 2F(\alpha))^2\}^{0.5}}{2} \quad (13)$$

図8に12名の $gL_v(\alpha, \beta)$ の平均値から(13)式を用い、高輝度面を用いた実験条件のうち、最小の θ に対応する $F(34)$ を初期値として、 $F(67) \sim F(3000)$ の値を順次求めた結果を示す。広範な θ について $F(\theta)$ の小さな値まで明示するために、両対数軸上に表示している。図中の●印は、線視標の等視力曲線より求めた12名の $F(\theta)$ の平均値である。

○印は $F(34)$ の値として、線視標による実験結果から求められた12名の $F(32)$ の値の最大値、平均値、最小値を用いた3通りの算定結果である。

破線で示した曲線は、単レンズによる光学測定の結果である。従来のもの⁵⁾に、新たに $20' \leq \theta \leq 600'$ について測定した結果⁹⁾を加え、これを回帰したものである。 $F(34) = 0.033$ とすれば、本実験結果から単レンズによる結果に近似させた $F(\theta)$ が得られる(□印)。

鎖線は、 $L(\theta, \phi)$ の輝度分布を有する視野に対するFryのグレアレンズの特性を示す(14)式¹⁰⁾を、一次元的に 1.0cd/m^2 と 0cd/m^2 に二分されている視野 $H(\theta)$ に適用して、 $F(\theta)$ に相当するものを算定した結果である。

$$L_v = \int_0^{360} \int_0^{90} \frac{9.2 L(\theta, \phi) \cos \theta \sin \theta d\theta d\phi}{\theta(\theta + 1.5)} \quad (14)$$

Fryの式では、高輝度面から注視点への散乱のみを考え、注視部分から出ていく成分が考慮されていないため、 θ の小さなところで、線視標による定量結果や単レンズによる光学測定の結果と大きく異なる。この場合であっても $F(34) = 0.0295$ とすれば、本実験結果からFryの式によ

る $F(\theta)$ の値に近似させた算定結果が得られる(△印)。

以上、5通りの算定結果から明かなように、初期値(ここでは $F(34)$)をいくらに設定するかによって $F(\theta)$ の形状は大きく変化する。いずれの場合も $30' \leq \theta \leq 60'$ 付近において $F(\theta)$ に大きな変曲が生じる。この変曲の原因としては高輝度面が中心窩内にあるか否かという網膜感度特性の違いの影響があげられるが、変曲は単レンズによる測定結果(図5中の破線)にも認められることから光学系の散乱特性であるとも考えられる。

いずれにせよ、 $F(\theta)$ の特性(=形状)が不明な現段階では、その絶対値が実験結果から直接求められる実験視野を用いることが必要である。

5. むすび

本報では、視認問題全般に実効輝度理論を適用していくために必要とされる視野全域についての $F(\theta)$ の定量方法を確立することを目的として、高輝度面による順応輝度の増加量が高輝度面による実効輝度の増加量とみなせることを検証した。高輝度面による順応輝度の増加量による定量法とこれまでの線視標の等視力曲線による定量法とを併用することで、広範な θ について $F(\theta)$ が得られると考えられるが、その定量にあたっては、十分に大きな高輝度面を有する視野を用いることが望ましい。また、異なる二つの定量法の整合性に関する検討が必要である。更に、このようにして得られた $F(\theta)$ によって不均一輝度視野における視認能力が実用上十分に評価されることの検証が必要である。

参考文献

- 1) P. Moon & D. E. Spencer: Lighting Design, Addison Wesley Co., Chapt. 8, (1947)
- 2) 蒲山久夫、本橋昭男、佐藤麗子: 明視照明のための基礎的研究、照明学会雑誌46-3, pp. 10-24, (1962)
- 3) 中根芳一、伊藤克三: 不均一な背景輝度が易見さに及ぼす影響について(その2)、日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学)、pp. 57-58, (1971.11)
- 4) 小林朝人、山下俊雄、村上泰浩: 中心窩順応輝度評価に関する実験的検討(第2報) 順応性状の概略、日本建築学会論文報告集324号、pp. 117-123, (1983.2)
- 5) 野口太郎、大月容子、伊藤克三: 実効輝度の長方形で構成された視標への適用、日本建築学会論文報告集338号、pp. 99-106, (1984.4)
- 6) 野口太郎、井上容子、伊藤克三: 各種視標への実効輝度の適用による等視力曲線の検討、日本建築学会論文報告集346号、pp. 124-131, (1984.12)
- 7) 井上容子他1~2名: 不均一輝度視野における目の順応(その1) 順応輝度と実効輝度との関係、日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学)、pp. 619~620, (1985.10)、(その2) 高輝度面の方位による影響とその加法性、pp. 617~618, (1986.8)、(その3) 縞状輝度分布視野の場合、pp. 619~620, (1986.8)
- 8) 井上容子、野口太郎、伊藤克三: 視認能力の標準化に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学)、pp. 39-40, (1988.10)
- 9) 野口太郎、井上容子、伊藤克三: 実効輝度関数 $F(\theta)$ の定量化に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(環境工学)、pp. 143-144, (1989.10)
- 10) G. A. Fry et al.: Design and Calibration of a Disability Lens, Illum. Engng., 58, p. 120-123, (1963)

(1994年10月7日原稿受理、1995年4月25日採用決定)