屋外スポーツ投光照明施設のグレア[†]

専門会員 田辺 吉徳*

1. はじめに

「必要な明るさを確保し、グレアを十分制限すること」これは道路照明であれ、オフィス照明であれ、あるいは店舗照明であれ、照明設計に関する書物の中で必ずと言ってよいほどに挙げられている照明要件の項目である。「明るさ」を挙げているのは物を見るための不可欠の要件であるから当然として、これと同時に「グレア」を挙げているのはグレアが物の見え方を低下させたり、不快な感覚を与える、重大な阻害要因であるからである。

特に屋外のスポーツ施設の照明では、たとえば野球場のように比較的広い面積を数 100 lx という比較的高い照度に照明する必要から大光度の投光器が用いられ、しかもその投光器をグラウンドの外側に数基配置した照明柱に数 10 台取り付けて照明する照明方式（投光照明方式）がとられるので、グレアが問題となりやすい。

このグレアの問題には二つの側面が考えられる。一つはその施設における選手や観客に対する問題であり、いま一つは施設に近接した道路を走行する運転者などに対する問題である。

これらの問題に関して、上述のような投光照明方式では、グラウンド面や競技空間の照度分布を良好にしようとするればグレアが増大し、グレアを厳しく制限しようとするれば良好な照度分布を得にくい、というようにグレアと照度分布との間には相反する関係がある。したがって、両者の間に最良の妥協点を見いだすためにはグレアの程度を定量的に予測する方法とグレアの許容値とが示されていなければならない。

筆者は先に、スポーツ投光照明施設における観客や選手に対する減能グレアと不快グレアの評価法についての考え方を報告した¹⁾。そのなかで、減能グレアについては、光源を直視した直後に光源の残像が現われない程度に光源の輝度を制限することによって防止できるという考え方に立ち、光源を直視しても残像が現われないための輝度の上限値をグラウンド面の輝度および直視時間と関係づけて示し

た。不快グレアについては、Van Bommel が発表した不快グレアの評価法があり²⁾、追試実験の結果からこの評価法の実用性を検証した。

また筆者は、グレア制限の目的はグレアによる物の見え方低下の防止と不快感の防止にあるので、逆説的にみればグレアの制限は対象物を明るく見せることにつながる、換言すれば対象物のブライトネス*を高めることにつながるという観点から、その概要について報告した³⁾。

ここでは、その後の技術動向として、屋外の投光照明施設の不快グレアの評価法に関する国際照明委員会（CIE）の動向、筆者が行なった屋外の投光照明施設に近接する道路の自動車運転者に対するグレアの許容値に関する文献の検討、不快グレアとグラウンド面のブライトネスとの関係に関する検討の詳細を報告する。

2. 屋外の投光照明施設の不快グレア

2.1 不快グレアの評価法に関する研究の概要

高輝度光源からのまぶしさ（グレア）が気になって、あるいは煩わしく不快である、ということを経験することがよくある。このように不快感を与えるようなグレアを「不快グレア」と呼び、目の識別能力を低下させる度合を論ずる「減能グレア」という概念とは区別して取り扱っている。不快グレアに関する研究は屋内照明の分野では古くから行なわれているが、スポーツ投光照明の分野ではほとんど行なわれていなかった。1983 年の CIE アムステルダム大会で Van Bommel らが発表した論文²⁾が組織的に行なわれた研究の最初のものであろう。

Van Bommel らの論文を要約すると、「目が順応している輝度と投光器の輝度の差が大きいほどグレアは大きいはずである」という考え方に立ち、屋外のスポーツ投光照明施設で、光源（投光器）の輝度による不快グレアの程度の主観評価値と、その照明施設の投光器の輝度による等価光幕輝度（ $Leq(l)$ ）、および投光器を除いた視野の輝度による等価光幕輝度（ $Leq(s)$ ）との関係について検討した結果、屋外のスポーツ投光照明施設の選手や観客の不快グレアの程度は次式で表わすことができるというものである。

$$GF = 7.3 - 2.4 \log (Leq(l)/Leq(s)^{0.9}) \dots\dots\dots(1)$$

* ブライトネスは、対象物の輝度と目の（輝度）順応状態によって決まる対象物の明るさの感覚を数量的に表わしたものである。

[†] Short review of the research on the glare of sports lighting installations.

* 松下電器産業株式会社 照明研究所

Yoshinori Tanabe

表1 GFとGRとの対応関係

GF	GR	評価カテゴリー
1	90	耐えられない
3	70	邪魔になる
5	50	許容できる限界
7	30	あまり気にならない
9	10	気にならない

ただし、GF：グレアコントロールマーク、この値は1～9の間にあり、それぞれの値とグレア評価のカテゴリーとは次のように対応させている。

- 1：耐えられない (unbearable)
- 3：邪魔になる (disturbing)
- 5：許容できる限界 (just admissible)
- 7：あまり気にならない (noticeable)
- 9：気にならない (unnoticeable)

Leq (l)：投光器の輝度による等価光幕輝度 (cd/m²)

Leq (s)：投光器を除いた視野の輝度による等価光幕輝度 (cd/m²)

(1)式の適用範囲：Leq (l)が0.02～20 cd/m²、Leq (s)が0.02～5 cd/m²の範囲

筆者は、Leq (l)とLeq (s)を測定できる携帯形の等価光幕輝度計を製作し、屋外陸上競技場、空港エプロンの投光照明施設でVan Bommelらと同様な方法で実験を行い、近似の結果が得られたことを報告した¹⁾。岩崎電気㈱の川上幸二氏も実際の屋外のスポーツ投光照明施設で同様な実験を行っており、そのデータをご提供いただいた。データの紹介は割愛させていただくが、その結果もVan Bommelらの評価法の妥当性を認めるものであった。

2.2 不快グレア評価法に関するCIEの動き

CIEは、不快グレアに関するVan Bommelらの研究およびその追試実験結果等をもとに、Van Bommelらが発表した不快グレアの評価法((1)式)を国際的にオーソライズする方向にある⁴⁾。ただし、(1)式ではGFの値が大きくなると不快グレアは小さくなるという対応関係になるので、数値の大小が不快グレアの大小と対応するのが望ましいという考えから、GF (Glare Control Mark)をGR (Glare Rating)と呼び換え、評価式も次のように改める方向にある。

$$GR = (10 - GF) \times 10 \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{または } GR = 27 + 24 \log (Leq (l) / Leq (s))^{0.9} \dots\dots\dots(3)$$

ここで、GFとGRとは表1のような関係になる。

3. 屋外の投光照明施設に近接する道路等の運転者に対するグレア制限

屋外スポーツ施設に投光照明が急速に普及してきたことに対応して、夜間、それらの施設に近接する道路を走行する自動車運転者から、照明施設からの光が「まぶしくて運転の邪魔になる」あるいは「まぶしくて気になる」という指摘がなされる場合も出てきた。このような指摘をなくす

ためにはその施設から近接の道路へ洩れる光をゼロにすればよい訳であるが、前述したような一般の投光照明方式ではこれの実現が極めて困難である。したがって、洩れ光をどの程度までに制限すればよいかについて減能グレア、不快グレアに関する研究を調査し、指標となる値を導いた。

3.1 減能グレア

(1) CIEの技術報告書

CIEは、道路照明に関する技術報告書No. 31⁵⁾で道路照明の減能グレアに対する考え方と減能グレアの程度を評価するための計算式を与えている。CIEの考え方は減能グレアの程度を、道路上での自動車運転者の視作業を表わすのに使用される対象物(視角寸法8分に相当する大きさ)に対する相対識別輝度閾値増加TI (Threshold Incrementの略、以下TIという)で表わそうとするものであり、それを示したのが(4)式である。(5)式はTIを簡便に求めるための近似式である。

$$TI = \{(\Delta L_{gr} - \Delta L) / \Delta L_0\} \times 100 (\%) \dots\dots\dots(4)$$

ただし、 ΔL_{gr} ：グレアが存在する状態における運転者の目の輝度差弁別閾

ΔL_0 ：グレアが存在しない状態における運転者の目の輝度差弁別閾

$$\text{または、} TI = 65 \times Leq (l) / (L)^{0.8} (\%) \dots\dots\dots(5)$$

ただし、Leq (l)：グレア光源による等価光幕輝度 (cd/m²)

L：平均路面輝度 (cd/m²)

CIEは、(4)式または(5)式から求まるTIに対して、技術報告書No. 12-2⁶⁾でTIが表2に示す値以下になるようにグレアを制限することを推奨している。

表2の等価光幕輝度Leq (l)の値は、TIを推奨値内に制限するための上限値であり、(5)式に表2の平均路面輝度とTIを代入し逆算して求めたものである。

投光照明施設に近接する道路の平均路面輝度を1 cd/m²、道路周辺の明るさを“明”とすれば、その道路は表2の分類Eになる。この道路において減能グレアを推奨値以下、すなわちTIを20%以下にするためには、道路照明施設と投光照明施設との合計の等価光幕輝度を0.3 cd/m²以下にしなければならないことになる。一般の道路照明施設(平均路面輝度が1 cd/m²)による等価光幕輝度は0.1 cd/

表2 道路状況により分類された道路について、良好な視覚条件を与えるために推奨された輝度レベルの(許容)最小値、及びTIの(許容)最大値

道路の分類	道路周辺の明るさ	平均路面輝度 (cd/m ²)	TI (%)	等価光幕輝度 Leq (l) (cd/m ²)
A	明、暗	2	10	0.26
B	明	2	10	0.26
	暗	1	10	0.15
C	明	2	20	0.53
	暗	1	10	0.15
D	明	2	20	0.53
E	明	1	20	0.30
	暗	0.5	20	0.15

図1 グラウンド面の平均水平面照度と視野内に残像が現われないための光源の輝度の制限値

m² 程度であるので、CIE の技術報告書 No. 12-2 に従うと投光照明施設からの洩れ光の上限は等価光幕輝度で 0.2 cd/m² となる。

(2) 筆者の研究¹⁾

筆者は、スポーツ投光照明施設の減能グレアは投光器を直視したとき、その残像が現われない程度に投光器の輝度を制限すればよいとして、武内らの実験データ⁷⁾をもとに残像が現われないための輝度の上限値を直視時間および視野の輝度と関係づけて示した。それが図1である。一般に人間は、視野の中のあちこちに視線を動かすが、特定のものから詳細な情報を得ようとして注視する場合を除くと、個々の対象物に視線を向けている（直視している）時間は 0.1 ～ 0.2 秒にすぎない⁸⁾。これに対して運転者が見たいとは考えていない高輝度の投光器が視野中心にきた場合、反射的にこれを避けようとするので運転者が投光器を直視する時間は 0.2 秒よりも長いとは考えられない。ここでは直視時間を 0.2 秒にとる。また、視野の輝度は、自分の車の前照灯及び道路照明によって照らされている路面の輝度として 1 cd/m² とする。そうすると図1から残像が現われないための輝度の上限値は約 35000 cd/m² となる。

したがって、この場合の投光照明施設からの洩れ光の上限は、投光器の輝度で表わすと 35000 cd/m² となる。

3.2 不快グレア

(1) Van Bommel らの研究

前述したように Van Bommel らは投光照明施設の不快グレアの程度は(1)式で表わせるとした。さらに(1)式の $L_{eq}(s)$ はグラウンド面の平均水平面照度を E 、平均反射率を ρ とすると、

$$L_{eq}(s) = 0.035 \times (\rho \cdot E / \pi)$$

の関係が成立するとしている。

そこで、不快グレアの程度 GF を“許容の限界である 5”、近接する道路の平均照度を 15 lx（平均路面輝度約 1 cd/

m²）、路面の反射率を 0.15（アスファルトコンクリート）として、これらの値を(1)式に代入して $L_{eq}(1)$ の値を逆算して求めると 0.23 cd/m² となる。

したがって、Van Bommel らの式に従うと投光照明施設からの洩れ光の上限は、等価光幕輝度で表わすと 0.23 cd/m² となる。

(2) E. Witter の研究⁹⁾

E. Witter は、実際の投光照明施設に近接する道路の 9 つの場所（各場所から投光照明施設を見たとき、投光器群は視線方向に対して上下各 10°、左右各 30° の視角内にある）で、10 名の観測者に不快グレアの程度を前記の Van Bommel らと同じ評価カテゴリー（1：耐えられない、3：邪魔になる、5：許容の限界、7：あまり気にならない、9：気にならない）で評価させるとともに、その場所の観測者の目の位置の鉛直面照度（角膜照度）を測定した。その結果を図2に示す。

E. Witter は、図2から、不快グレアの評価点を 5 以上、すなわち不快グレアを許容限界以下に抑えるためには角膜照度を 2 lx 以下（図2の矢印を参照）にする必要があるとした。

図2 9カ所の観測場所における角膜照度測定値とグレア評価点

図3 光源の視角寸法をパラメータとしたときの背景輝度とBCD（快・不快の境界の光源輝度）との関係

したがって、E. Witter に従うと投光照明施設からの洩れ光の上限は、角膜照度で表わすと 2 lx ということになる。

(3) C. A. Bennett の研究¹⁰⁾

C. A. Bennett は、光源の大きさ、視線に対する光源の位置および背景輝度と、快・不快の境界の光源の輝度BCD (Borderline between Comfort and Discomfort の略、以下BCDという) との関係を実験的に検討した。図3はその結果であり、光源を直視したときの背景輝度、光源の視角寸法、BCDとの関係を示している。

図3において、光源の視角寸法を 10^{-4} ステラジアン (直径 50 cm の発光面をもつ投光器を約 40 m 手前の正面から見たときの大きさ、または同様な投光器 4 個を 90 m 手前の正面から見たときの大きさに相当する)、背景輝度を 1 cd/m² とすると (背景輝度を運転者の順応輝度と解釈し、運転者の目は輝度 1 cd/m² に照明されている路面の明るさに順応していると仮定した)、BCD すなわち、その投光器を直視したときに不快なグレアを受けないために、投光器の輝度を約 2400 cd/m² 以下にしなければならないことになる。

したがって、C. A. Bennett に従うと投光照明施設からの洩れ光の上限は、運転者から見たときの投光器の輝度で表わすと 24,000 cd/m² ということになる。

この場合の輝度は、1 kw クラスの投光器を光中心からの角度で 50° ～ 60° の方位から見たときの発光面の平均輝度に相当する。

(4) A. Gamber の研究¹¹⁾

A. Gamber は、観測者に視角寸法、輝度が異なる数種類の光源を直視させ、周辺視野の輝度をパラメータとしたときの、光源の大きさと不快グレアとの関係を求めた。そして光源の大きさが視角寸法で 10^{-4} ステラジアンの場合、その光源によって不快なグレアを受けないためには、光源の輝度は周辺の輝度のおよそ 10^5 倍以下のオーダーにしなければならない、適切な値は $10^3 \sim 10^5$ のほぼ中間にあるとした。

A. Gamber の結果は上記の C. A. Bennett の結果と一致していると判断できる。

(5) ま と め

以上、グレアに関するいくつかの研究を紹介したが、すべてが自動車運転者からみた投光照明施設からの洩れ光の影響

図4 中心窩順応輝度または等価光幕輝度と輝度差弁別閾との関係

響を検討したものではなく、実験の方法もそれぞれ異なる。また、紙面の都合で紹介できなかった研究もある。しかし、紹介した研究の中で注目されることは、それらの結論が表3にまとめたようにほぼ近似した数値になっていることである。たとえば、等価光幕輝度で表わされているものは 0.2 ～ 0.23 cd/m² であり、投光器の輝度で表わされているものは 10000 ～ 35000 cd/m² である。

しかし、これらの数値を結論とするのは、走行している運転者の心理状態や自動車のフロントガラスの影響等についての考察も必要であり、やや早計である。しかし、近接する道路の運転者への影響を考える場合の一つの指標として、設計時に検討するには有用であると考える。

4. 不快グレアとグランド面の
 ブライツネスとの関係

夜間、たとえば隣接の建物内からの洩れ光だけで数 lx 程度に照明されているグレアの全くないグランドを見たとき、そのグランド面を“キャッチボール程度はできるのではないか”と思うほどに明るく感じることがある。この経験からグレアが少なくなればグランド面は想像以上に明るく見える、すなわちグレアを制限することはグランド面のブライツネスを高めることにつながる、という推測が成り立つ。

そこで、不快グレアの程度とグランド面のブライツネスとの関係について検討した。

仮に、不快グレアの評価式 (1) 式の二つのファクタ、すなわち投光器の輝度による等価光幕輝度 $L_{eq}(l)$ と投光器を除いた視野の輝度による等価光幕輝度 $L_{eq}(s)$ とからグランド面のブライツネスを求めることができれば、不快グレアの程度とグランド面のブライツネスとの関係を比較検討することができる。そこで注目されるのが、ブライツネスに関する成定らの研究¹²⁾¹³⁾である。成定らの研究を要約すると、ブライツネスは次式で尺度化できるというものである。

$$B = 0.8 [(L_o / 4 L_{min})]^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

ただし、B：ブライトネス（明るさ）、Bの値は成定らが設定した基準観測条件（対象物の視角寸法：直径2°、背景の視角寸法：直径20°、背景のマンスルバリュー：V=5（無彩色）、照明レベル：1000 lx）で見たときのマンスル灰色色票のN値に対応し、Bの値が大きいほどブライトネスが大きい（明るい）。

Lo：対象物の輝度 (cd/m²)

$\Delta Lmin$ ：輝度差弁別閾 (cd/m²)

成定らは、中心窩順応輝度Lafと中心窩順応輝度Lafだけによる輝度差弁別閾 $\Delta Lmin(1)$ との関係を示す実験データ（図4の曲線A）、および視野の輝度による等価光幕輝度Leqと等価光幕輝度Leqだけによる輝度差弁別閾 $\Delta Lmin(2)$ との関係を示す実験データ（図4の曲線B）を提示するとともに、輝度差弁別閾 $\Delta Lmin$ は $\Delta Lmin(1)$ と $\Delta Lmin(2)$ との和

$$\Delta Lmin = \Delta Lmin(1) + \Delta Lmin(2) \dots\dots\dots(7)$$

として表わされるとした。Leq(I)とLeq(s)とからLo、 $\Delta Lmin(1)$ 、 $\Delta Lmin(2)$ を求めることができれば、(1)式と(6)式とからそれぞれ不快グレアの程度GFとブライトネスBを算出できるので、GFとBの関係を検討できる。

4.1 不快グレアGFとブライトネスBの計算手順

Leq(I)とLeq(s)からLo、 $\Delta Lmin(1)$ 、 $\Delta Lmin(2)$ を求める手順を示す。

a) 最初に意図したように、求めようとするブライトネスの対象をグランド面とする。このようにすると(6)式のLoは対象物の輝度であるので、Loはグランド面の輝度ということになる。

b) (6)式のLoを求める。：(1)式のLeq(s)は既に述べたように投光器を除いた視野の輝度による等価光幕輝度である。この場合、屋外のスポーツ投照明施設では上空の輝度はほぼゼロに近い値と考えられるので、Leq(s)は実質的にはグランド面の輝度による等価光幕輝度と考えることができる。筆者は、実際の照明施設で測定したグランド面の平均輝度Loおよびそれによる等価光幕輝度Leq(s)の値とからLeq(s)はほぼLeq(s)=0.031 Loの関係にあることを得たので、これからLoは

$$Lo = 32.3 Leq(s) \dots\dots\dots(8)$$

という関係にあることになる。したがって、LoはLeq(s)から算出できる。

c) $\Delta Lmin$ を求める。：周知のように中心窩順応輝度Lafは眼の中心窩に投影される輝度に等しい。中心窩に投影される輝度は、中心窩で見ている対象物の輝度（ここではグランド面の輝度Lo（Lo=32.3 Leq(s)）と、周辺視野の輝度によって生ずる等価光幕輝度（ここでは投光器の輝度による等価光幕輝度Leq(I)と投光器を除いた視野の輝度による等価光幕輝度Leq(s)）である。したがって中心窩順応輝度Lafは

$$Laf = 32.3 Leq(s) + Leq(I) + Leq(s) \dots\dots\dots(9)$$

として表わされる。中心窩順応輝度Lafが求まれば図4の曲線Aから $\Delta Lmin(1)$ が求まる。

d) $\Delta Lmin(2)$ を求める。：視野の輝度による等価光幕輝度Leqは(c)で述べたように

$$Leq = Leq(I) + Leq(s) \dots\dots\dots(10)$$

として求められる。Leqが求まれば図4の曲線Bから $\Delta Lmin(2)$ が求まる。

e) 以上により、Leq(I)とLeq(s)の値を適当に設定することによって不快グレアGFとブライトネスBの双方を算出できる。

4.2 計算条件

前述したように、(1)式の適用範囲としてLeq(I)とLeq(s)の値がそれぞれ0.02<Leq(I)<20、0.02<Leq(s)<5となっているので、この範囲として次の各値を設定した。

Leq(I)：0.04、0.08、0.16、0.32、0.64、1.3、2.6、5.1、10.2、20.5(cd/m²)

Leq(s)：0.04、0.08、0.16、0.32、0.64、1.3、2.6、5.1(cd/m²)

4.3 計算結果

図5に計算結果を示す。図5の実線は設定したLeq(s)を定数にしてLeq(I)を変数にしたときの不快グレアGFとブライトネスBとの関係を示したものであり、破線はLeq(I)を定数にしてLeq(s)を変数にしたときのGFとBとの関係を示したものである。図5から、たとえば、Leq(s)が1.3 cd/m²の場合、投光器の輝度による等価光幕輝度Leq(I)が0.32から20.5 cd/m²へと増大すると不快グレアGFの数値は9から約4へと小さくなり、ブライトネスBの値は約5から2へと小さくなる。また、たとえば、Leq(I)が1.3の場合、Leq(s)が5.1から0.16へと減少するとGFの値は約8から5へと小さくなり、Bは約7から1へと小さくなる。このようにLeq(I)、Leq(s)いずれをパラメータにとっても不快グレアGFの値が大きくなると（グレアが小さくなると）Bの値が大きくなる（明るくなる）という関係が成立する。

図6はGFをパラメータにとり、Leq(s)とBとの関係

図5 不快グレアとブライトネスとの関係

図 6 グラウンド面の照度とブライトネスとの関係

を示したものである。図 6 の横軸にはグラウンド面の照度 E (グラウンド面の反射率 ρ を 20% として $E = L_o \cdot \pi / \rho$ で換算) を併せ示している。図 6 から、グラウンド面の照度は高くてもグレアの大きい (GF の値の小さい) 照明施設ではグラウンド面はさほど明るく感じられず、照度は多少低くてもグレアの少ない (GF の値の大きい) 照明施設ではグラウンド面が明るく感じられる、ということがわかる。このことは当初の推測を立証したことになり、グレアの制限は不快なグレアを無くすると同時にグラウンド面を明るく見せる極めて有効な手段であることを示している。

5. おわりに

屋外のスポーツ投光照明施設によるグレアには、大別すると施設内の選手や観客に対するグレアと、施設に近接する道路等の運転者に対するグレアがあり、前者に対しては Van Bommel や筆者らの不快グレアに関する研究・実験を紹介するとともに、CIE がオーソライズしようとしている不快グレアの評価法を紹介した。後者に対しては、文献調査をもとにグレアの許容限界の指標を示した。しかし、後者については前述したようになお検討を要する点もあり、さらに一歩進めた組織的な取り組み、たとえば学会の

研究会レベルでの検討が必要であると考えらる。

グレアを制限するということは、高輝度光源による視機能の低下の防止、不快感の防止に役立つだけでなく、グラウンド面のブライトネスを極めて有効に高めることにつながることを示した。その意味で、グレア制限の度合が照明施設の良し悪しを決定するといっても過言ではない。

参考文献

- (1) 田辺吉徳：スポーツ投光照明施設のグレア制限，照学誌 Vol. 69 No. 9 (昭 60) 514-517
- (2) Van Bommel, W. J. M., Tekelenburg, J. and Fischer, D.: A Glare Evaluation System for Outdoor Sports Lighting and its Consequences for the Design Practice, CIE 20 th Session '83 (1983) D 505/1-D 505/4
- (3) 田辺吉徳：投光照明施設の不快グレアがグラウンド面のブライトネスに及ぼす影響，照学全大 (昭 62) No. 57
- (4) CIE TC 5-04 テクニカルレポート：Glare Evaluation System for Outdoor Sports and Area Lighting, 2nd draft, May 1987
- (5) CIE Publ No. 31: Glare and Uniformity in Road Lighting Installation (1976)
- (6) CIE Publ No. 12-2: Recommendations for the Lighting of Roads for Motorized Traffic (1977)
- (7) 武内，吉村，猪野原：高輝度光源による残像の持続時間，電気関係学会関西支部連大 (昭 54) G 13-8
- (8) 成定，吉川：トンネル入口照明における注視開始点，照学誌 Vol. 59 No. 4 (昭 50) 159-166
- (9) Witter, E.: Störung von Flutlichtanlagen auf ihre Umgebung, Licht Vol. 33 No. 9 (1981) 479-481
- (10) Bennett, C. A.: Discomfort Glare: Concentrated Source Parametric Study of an Gulary Small Sourcess J. Illum. Engng. Soc. Vol. 7 No. 1 (1977) 2-15
- (11) Gamber, A.: Lichtmission: Schädliche Umwelteinwirkung, Licht No. 4 (1985) 283-287
- (12) 成定，猪野原，武内，吉村：光環境に於ける“明るさ”，電気学会光応用・視覚研究会資料 LAV-82-42 (昭 54) 27-39
- (13) 猪野原，武内，吉村，成定：明るさ [視感輝度] の計測，テレビジョン学会技術報告 VV140-3 (昭 55) 69-74

(受付 1990 年 11 月 27 日)