蛍光ランプの異なる色温度が明るさ知覚に及ぼす影響

THE EFFECT OF DIFFERENT COLOUR TEMPERATURE OF
FLUORESCENT LAMPS ON BRIGHTNESS PERCEPTION

尹 仁*, 堀越哲美**, 宮本征一***

Yoon In, Tetsumi HORIKOSHI and Seiichi MIYAMOTO

The objective of this paper is to clarify the effect of spectral power distribution of different fluorescent lamps on the human brightness perception in a building interior. The following psychological tests were conducted: The warm white, daylight and 3band-type fluorescent lamps were used as lighting sources. The 22 subjects compared lit environments of a pair of rooms. One was lit by daylight fluorescent lamps and the other room was lit by the warm white or 3band-type fluorescent lamps, respectively, at three luminance level: 100, 200 and 300cd/m². After the subjects judged the brighter room, they adjusted one side to get equal brightness with the other. At that condition luminance data of two rooms were recorded. Ratios of luminance by the compared lamp to that by daylight lamp were calculated. For all subjects, the ratios 1.22 and 1.03 were determined for the warm white and 3band-type fluorescent lamps, respectively, to obtain the equal perceived brightness at luminance level 100cd/m². The ratio decreases with a rise in luminance level.

Keywords: *building interiors, fluorescent lamp, luminance, brightness perception, colour temperature, colour rendering*

室内空間, 蛍光ランプ, 輝度, 明るさ知覚, 色温度, 演色性

1. はじめに

視環境の中で, 照明は大きな役割を持っている。この視環境の快適性に関連して, 照度, 光源, 照明方式などの照明条件は明るさ知覚に大きな影響を及ぼしていると考えられる。特に, 照明されている光源の特性すなわち, 光源によって異なる分光分布があり, それによって光の色, 色温度そして演色性などに違いがある。測光学的には等しく照射されていても実際感じる明るさ知覚は必ずしも等しくはなく, 明るさ知覚に及ぼすこれら特性の影響に関する研究は多数報告されてきた。Aston¹⁾は室内の明るさを視覚の明瞭さとしてとらえる観点から実験を行い, 光源の演色性の差異による物体色の見えの違いの効果を照度レベル別に明らかにした。中村ら²⁾は光の色の相異が明るさ感に及ぼす影響の定量化を様々な蛍光灯を用いて試みた。その他には, 視対象物がある場合, 明るさ感の評価基準が異なる場合または光源の異なる演色性による物体色の見えを扱った研究³⁾⁴⁾などがあり, 同様の結果を得ている。

しかし, 次のような問題を検討する必要があると考えられる。

①今までの研究で扱われている光源の特性の違いによる有彩色物体から受ける心理的印象の差は, 明るさ感の違いではなく, 物体色間から受ける感情の違いであるという指摘⁵⁾である。

ここでは明るさ知覚というのは, 人間が光を出す対象, また光を反射あるいは透過する対象を見た時に, 視覚系がその明暗に関して知覚することであり, 対象の輝度だけではなく, 対象の色, 周囲の輝度及び色との対比などにも依存するという定義⁶⁾に従う立場をとるものとする。納谷ら⁵⁾の指摘しているように, 従来の研究には, 明るさ知覚はそれに見られる視対象物の形状や色及びその対比などから受ける明瞭感や満足感であるとしているものもあるが, この考え方とは異なるものであるとし, 著者らは, この観点から研究を行っている。河合⁷⁾も, 明るさの判断の際に, ピントの調節などの作用が関与する見え方をする場合は, その分だけ判断の材料となる情報が

* 名古屋工業大学大学院社会開発工学専攻
大学院生・工修

** 名古屋工業大学社会開発工学科 教授・工博

*** 名古屋工業大学社会開発工学科 助手・修士
(工学)

Graduate Student, Dept. of Architecture, Nagoya Institute of Technology, M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
Research Assoc., Dept. of Architecture, Nagoya Institute of Technology, M. Eng.

多くなり、判断が複合的で不明確となるため、明るさなるべく純粋に捉えたいと思うならば、表面色の見え方は避けて、開口色（面色）の見え方の刺激光を用いるべきであると述べている。以上のように、光源が発する光に対する明るさ知覚の評価は、広視野の白色で仕上げた観察面を作ることによって光源から発した光が反射して開口色（面色）の見え方の刺激光になるようにして行うことが必要と考えられる。このような方法による研究はまだ十分に研究されていないと考えられる。

②室内において、光源の色温度と照度レベルが異なることによる人間の感情の変化については多数報告⁸⁾されているが、光源の特性と明るさ知覚との関係を前述の開口色（面色）の見え方による方法で輝度レベル別に検討した研究も、まだ十分ではないと考えられる。

そこで、本研究では上記の問題点に基づき、室内空間が異なる蛍光灯で照明されている場合、色温度と演色性など光の諸特性が異なることが輝度レベル別に明るさ知覚にどのように影響するかを既存の結果と比べ、考察する。これは人間の心理的反応を知ることにより、望ましい照明条件を把握して視環境の設計や評価に対して、適用できる基礎的な資料を提供するものになると考えられる。そのために100cd/m²から300cd/m²の輝度レベルにおいて、3種の蛍光灯を用いて、以下のような心理実験を行った。

2. 実験計画

2-1 実験装置

図1に示すように無窓の実験室内に大きさの等しい視き窓（1200×700mm）を持つA室とB室の2つの実験ブースを設けた黒色の布製実験空間を設け、実験に用いた。2つの実験ブース内は波長420から780nmまでのほぼフラットな反射特性を持つ、つや消し白色ペイントで仕上げた。照明器具は図1に示すように、被験者の観察面となる2つの実験ブースの視き窓に対向する壁面を照らし、その壁面の輝度分布ができるだけ一様になるように設置した。その観察面での反射光を視き窓を介して被

験者に提示することとした。実験の光源は表1の一般に市販されている3種の40Wの蛍光灯を使用した。2つのブースA室とB室の観察面の輝度レベルは調光器によって被験者が調整できるようにした。図2に光波長分析計（ライカ、LI1800）を用いて測定した各蛍光灯から発する光及び観察面での反射光の分光分布を示す。蛍光灯からの光と反射光の分光分布を比較すると、蛍光灯によっては410nm以下の波長で光源からの光と反射光の間に多少差があるものもあった。調光による分光分布の変化はほとんど見られなかった。観察面

図1 実験室の概要

表1 実験光源に用いた蛍光灯

蛍光灯の種類 記号	色温度 K	平均演色評価数 Ra
昼光色蛍光灯 : DL	6500	74
温白色蛍光灯 : WW	3500	60
3波長域発光形蛍光灯 : Pa	5000	88

図2 実験光源の分光エネルギー分布

表2 観察面の反射光の輝度レベル別の色度座標

実験光源の種類	輝度レベル cd/m ²	色度座標		色温度 k
昼光色蛍光ランプ	100	x	y	5433
	200	0.333	0.355	5433
	300	0.334	0.354	5429
温白色蛍光ランプ	100	0.429	0.398	3170
	200	0.427	0.397	3126
	300	0.427	0.397	3144
3波長域発光形 蛍光ランプ	100	0.357	0.366	4635
	200	0.357	0.365	4666
	300	0.356	0.363	4684

表3 8つの標準色票に対する輝度レベル別の色票座標の変化

		昼光色蛍光ランプ			温白色蛍光ランプ			3波長域発光形蛍光ランプ		
		300	150	50	300	150	50	300	150	50
10P6/8	x	0.321	0.319	0.319	0.411	0.414	0.430	0.320	0.318	0.320
	y	0.286	0.282	0.283	0.364	0.363	0.352	0.265	0.264	0.264
2.5P6/8	x	0.297	0.297	0.297	0.392	0.392	0.391	0.278	0.275	0.279
	y	0.301	0.300	0.306	0.359	0.357	0.358	0.259	0.254	0.253
5P6/8	x	0.279	0.277	0.279	0.340	0.339	0.338	0.258	0.256	0.239
	y	0.301	0.298	0.297	0.330	0.327	0.329	0.269	0.268	0.265
10B6/4	x	0.295	0.294	0.297	0.372	0.368	0.366	0.284	0.281	0.284
	y	0.340	0.337	0.337	0.388	0.384	0.385	0.321	0.321	0.318
2.5G6/6	x	0.312	0.311	0.311	0.389	0.395	0.392	0.287	0.286	0.288
	y	0.375	0.373	0.369	0.438	0.430	0.435	0.385	0.381	0.383
5GY6/8	x	0.367	0.367	0.367	0.443	0.443	0.442	0.346	0.345	0.349
	y	0.475	0.474	0.471	0.483	0.481	0.481	0.465	0.462	0.465
5Y6/4	x	0.349	0.341	0.346	0.442	0.442	0.440	0.334	0.334	0.336
	y	0.388	0.394	0.380	0.418	0.414	0.415	0.358	0.359	0.360
7.5R6/4	x	0.343	0.343	0.343	0.447	0.446	0.446	0.334	0.333	0.337
	y	0.353	0.349	0.351	0.393	0.392	0.387	0.330	0.328	0.329

の輝度測定は図1に示す被験者の観察位置で、床面から1.2mの椅子に座った被験者の眼の位置から輝度計を用いて測定した。被験者の主視線から30°以内の視野での観察面の輝度はほぼ一定であり、その平均値を被験者の視野内の輝度の代表値とした。観察面と実験ブース内の他の構成面との輝度差が15%以内になるようにした。調光による輝度レベル別のブース内の輝度分布はほぼ一定であることを確認した。色彩輝度計(TOPCON, BM-5A)を用い、実験光源に対して、輝度レベルの変化による蛍光ランプから発する光及び観察面の反射光の色度と色温度の変化を測定した。表2に観察面の反射光の輝度レベル別の色度座標及び色温度を示す。また平均演色性評価数を求める8つの試験色(JISの標準色票)を用いて、輝度レベルの変化による色票の色度の変化を測定した。表3はその結果である。いずれの場合にも、輝度レベルの変化による色温度、各色度はほとんど変化がないと判断できるものと考えられる。

2-2 実験条件と方法

実験の条件を表4に示す。条件1から8までは観察面の各輝度レベル100cd/m², 200cd/m², 300cd/m²の3段階のレベルで行い、条件9と条件10は100cd/m²と300cd/m²の2段階の輝度レベルで行った。*印は基準になる側の光源、無印は調整する側の光源を示している。1人1条件あたりの被験回数は1回である。

実験方法は昼光色蛍光ランプと温白色蛍光ランプあるいは3波長域発光形蛍光ランプとの比較によって行っ

表4 実験条件

条件	A室光源	B室光源
1	昼光色蛍光ランプ *	温白色蛍光ランプ
2	昼光色蛍光ランプ	温白色蛍光ランプ *
3	温白色蛍光ランプ *	昼光色蛍光ランプ
4	温白色蛍光ランプ	昼光色蛍光ランプ *
5	昼光色蛍光ランプ *	3波長域発光形蛍光ランプ
6	昼光色蛍光ランプ	3波長域発光形蛍光ランプ *
7	3波長域発光形蛍光ランプ *	昼光色蛍光ランプ
8	3波長域発光形蛍光ランプ	昼光色蛍光ランプ *
9	昼光色蛍光ランプ *	昼光色蛍光ランプ
10	温白色蛍光ランプ	温白色蛍光ランプ *
輝度 レベル	100cd/m ² 200cd/m ² 300cd/m ²	

*は基準側を示す

た。観察面を見る視覚は10°以上になるようにした。被験者は学生・大学教員で20から39歳までの男女22名とした。尚、色覚異常者はない。

2-3 実験手順

実験空間の照明を消し、被験者を入場させ、椅子に座らせる。被験者の前面にカーテンをひき、その効果は不明であるが、0.03cd/m²以下の輝度レベルで実験前あるいは前条件の残像をなくすために2分間の暗順応をさせる。その後、カーテンを開けて実験条件の環境を提示する。1分30秒の間、被験者は与えられた条件のA室とB室の明るさを比較する。その時、どちらが明るく感じるかを質問する。明るさに差があると感じれば、調光器で他方と等しい明るさになるように比較側の輝度を調整する。その時の両室の観察面の輝度を記録する。照明を調整する実験ブースは2室を交互に変えて提示する。実験ブースと実験室間の照明を消して、再び被験者に2分間の暗順応をさせ、次の実験条件で上述の手順を繰り返す。条件の提示は乱数表を用い、アトランダムに行った。

3. 結果

図3に被験者の口答による各実験条件での明るさの比較結果を示す。昼光色蛍光ランプと温白色蛍光ランプとの比較では100cd/m²から300cd/m²への高い輝度レベルになるに従ってA室とB室の観察面の明るさを等しく感じた人数が多くなった。被験者は1名を除き全輝度レベルで昼光色蛍光ランプを温白色蛍光ランプより明るいあるいは同じと感じていた。3波長域発光形蛍光ランプとの比較では100cd/m²ではやや昼光色蛍光ランプを明るく感じていると答えた被験者が多かったが、輝度レベルが高くなるにつれ、3波長域発光形蛍光ランプをより明るくまたは同じと感じる人数が多くなった。表5に比較側の調整前輝度と調整後輝度の平均値と標準偏差(SD)及び両者の平均値の差のt検定の結果を示す。昼光色蛍光ランプと温白色蛍光ランプとの比較では条件1から条件4までのすべての条件で有意差が認められた。昼光色蛍光ランプと3波長域発光形蛍光ランプとの比較で

は、300cd/m²の輝度レベルと条件6、7の場合には有意差が見られなかったが、100cd/m²と200cd/m²の条件5、

図3 明るさ判断の結果

表5 輝度の平均値の差の検定

(a) 昼光色蛍光ランプと温白色蛍光ランプとの比較

実験条件	調整前輝度cd/m ²	調整後輝度cd/m ²	t値
	平均値 SD	平均値 SD	
1	101 1.1	127 16.6	-7.39 **
2	101 1.5	86 13.0	5.63 **
100 cd/m ² 3	101 1.2	88 12.1	4.81 **
4	100 1.3	124 16.1	-6.56 **
9	100 0.9	102 5.5	-0.16
10	100 4.7	101 1.5	-1.07
1	201 1.8	234 28.3	-5.58 **
2	201 1.6	181 27.1	3.44 **
200 cd/m ² 3	200 1.7	178 21.9	4.82 **
4	200 4.4	233 30.5	-4.81 **
1	300 0.9	318 31.5	-2.61 **
2	302 4.3	279 31.0	3.47 **
300 cd/m ² 3	301 2.4	281 24.8	3.84 **
4	300 1.2	328 30.0	-4.35 **
9	300 1.5	298 7.9	0.69
10	300 2.9	297 9.1	-1.18

** : p < 0.01で有意

* : p < 0.05で有意

(b) 昼光色蛍光ランプと3波長域発光形蛍光ランプとの比較

実験条件	調整前輝度cd/m ²	調整後輝度cd/m ²	t値
	平均値 SD	平均値 SD	
5	100 0.9	105 7.7	-2.84 **
100 cd/m ² 6	100 0.8	99 11.5	0.34
7	100 1.2	104 15.3	-1.09
8	100 1.0	107 10.4	-2.95 **
5	201 2.1	206 14.0	-1.72 *
200 cd/m ² 6	200 1.2	198 15.0	0.59
7	201 2.7	202 14.0	-0.40
8	200 1.2	208 17.0	-1.99 *
5	301 1.6	301 13.6	-0.11
300 cd/m ² 6	300 1.6	301 17.1	-0.11
7	300 1.7	297 14.2	1.17
8	301 2.3	300 24.7	0.23

** : p < 0.01で有意

* : p < 0.05で有意

8では有意差が認められた。条件9、10では有意差はなくA室とB室の両実験ブースで提示した光環境の間にバイアスがないことを示していると考えられる。図4と図5に各条件の輝度レベル別に、調整前の両室の輝度比と両室を等価的な明るさになるように調整した後の輝度比を示す。等価的な輝度比は昼光色蛍光ランプの輝度に対する温白色蛍光ランプの輝度または3波長域発光形蛍光ランプの輝度の比である。図4は各条件の平均値を示している。昼光色蛍光ランプに対する比較光源の等価的な輝度比は全ての条件で1より大きい値となっている。温白色蛍光ランプとの輝度比は3波長域発光形蛍光ランプとの輝度比に比べて高い値である。また100cd/m²から

(a) 昼光色蛍光ランプと温白色蛍光ランプとの比較

(b) 昼光色蛍光ランプと3波長域発光形蛍光ランプとの比較

図4 等価的な明るさを与える輝度比

(a) 100cd/m²の場合

(b) 200cd/m²の場合

(c) 300cd/m²の場合

図5 光源別、輝度レベル別の等価的な明るさを与える輝度比の比較

300cd/m²へと輝度レベルが高くなるに従って各条件の等価的な明るさを与える輝度比は小さい値になっている。図5は被験者別の昼光色蛍光ランプに対する各比較光源に関する等価的な明るさを与える輝度比を示している。ここに示される輝度比は条件1から条件4まで、または、条件5から条件8までの実験で求められた輝度比の平均値である。被験者3名(P,S,U)を除いて、等しい明るさを得るための輝度比は温白色蛍光ランプの場合に大きく、3波長域発光形蛍光ランプの場合の方が1に近い値となっている。図6に各実験条件から得られた等価的な明るさを与える場合の昼光色蛍光ランプの輝度と比較蛍光ランプの輝度の関係を示す。輝度レベルが上がるに従って等しい値に収束する傾向が見られる。

4. 考察

(1) 明るさ知覚と輝度レベル

等しい測光量下でも、被験者が感じる明るさは蛍光ランプの種別によって異なる結果が得られる。そして輝度レベルによってもその影響の度合に差が見られる。堀越ら⁹⁾は40cd/m²から75cd/m²までの低い輝度レベルで昼光色蛍光ランプに対する温白色蛍光ランプの等価的な輝度比は1.22以上であると報告した。これと同じ光源を用いて行ったそれよりも高い輝度レベルで行った本実験でも、等価的な明るさ知覚を与える昼光色蛍光ランプに対する温白色蛍光ランプの輝度比は図4に示されるように提示条件により1.16から1.26であり、妥当な結果が得られたと考えられる。さらに高い輝度レベルになると、明るさ知覚の差は無くなっていくものと推察される。

(2) 明るさ知覚と色温度

図7に色温度と等価的な明るさを与える輝度比との関係を示す。色温度の上昇によって等価的な輝度比が減少している。Bermanら¹⁰⁾は色温度が高い光源が低い光源より明るく感じられると述べた。本実験でも、色温度の高い光源を被験者は明るく感じていると考えられる。しかし、中村ら²⁾は300lxから900lxまでの照度レベルでは、色温度が高い3波長域発光形蛍光ランプは、色温度が低い温白色蛍光ランプと白色蛍光ランプに比べ、明るく感じられたと報告している。しかし、3波長域発光形蛍光ランプとそれよりも色温度が高い昼光色蛍光ランプとの比較では、1200lxの照度レベルにおいて等しい明るさに感じ、より低い照度レベルでは3波長域蛍光ランプが明るく感じられたと述べている。これは本実験の結果と少し異なる結果となっている。湯尻ら¹¹⁾は視対象物がある場合に評定尺度法を使った実験を行い、照度が高い場合には、高演色性形、普通形ともに低色温度の光源の明るさ感が他の光源と比較して低くなり、低照度の場合には、その差がなくなるという、本実験の結果とは測光量のレベルの影響に関して異なる傾向を示す結果を報告してい

図6 等価的な明るさを与える輝度の関係

図7 色温度と等価的な明るさを与える輝度比

る。これらの理由として、中村らの実験では、有彩色を含む模型室を用いており、湯尻らの実験では視対象物があり、心理反応の測定方法も違うことによる結果であると考えられる。さらに、照度レベルが低くなるにつれ、湯尻らの実験で用いられたR,YR系の色彩は低明度に見える傾向¹²⁾があるので、本研究の結果と差がでたものと考えられる。

(3) 明るさ知覚と演色性

図8に光源の平均演色性評価数と等価的な輝度比との関係を示す。昼光色蛍光ランプと温白色蛍光ランプの間では演色評価数の増加によって明るさ知覚の増加の関係が見られたが、昼光色蛍光ランプと3波長域発光形蛍光ランプの間では光源の演色評価数の増加によってより、明るく知覚されるとは言えないと考えられる。Astonら¹⁾の実験では200lxから800lxへと照度レベルが高くなるにつれて、演色性のよい光源が演色性の悪い光源に比べて視覚の明瞭さが25%から40%に高くなると述べている。納谷ら¹³⁾は125cd/m²の輝度レベルで、演色性が異なる蛍光ランプを用いて実験した結果、有彩色サンプルが、照明光の演色性の変化により高メトリッククルマに演色され、明るく知覚されたと述べ、白色の観察面を用い、開口色として提示した本実験の結果と少し異なる結果と

図8 平均演色性評価数と等価的な明るさを与える輝度比

なっている。これは、視対象物として有彩色物体を用いた場合には光源の演色性が視覚の明瞭さを含めた明るさ知覚に影響を与えることは期待できるが、視対象物の表面色や形状などによる影響を無くした場合は、光源の演色性は明るさ知覚に影響を及ぼさないものと考えられる。

5. まとめ

本研究では、蛍光ランプの特性である光色、色温度、演色性の違いに対する明るさ知覚の影響を調べるために、100, 200, 300cd/m²の3段階の輝度レベル別に、昼光色蛍光ランプを基準として温白色蛍光ランプ及び3波長域発光形蛍光ランプから発する光を白色壁面で反射させ開口色（面色）として提示し、等しい明るさを与える輝度を求めるという心理実験を行い以下の結果を得た。

- ①既存の有彩色物体や表面色に対する明るさ知覚評価の研究結果のように、等しい測光量下でも、被験者が感じる明るさ知覚は光源の違いによって異なった。実験条件100cd/m²から300cd/m²までの輝度レベルにおける昼光色蛍光ランプに対する温白色蛍光ランプの等価的な明るさを与える輝度比は、各々1.22, 1.15, 1.08であった。昼光色蛍光ランプに対する3波長域発光形蛍光ランプの等価的な明るさを与える輝度比は、各々1.03, 1.02, 1.01であった。輝度レベルが低いとその輝度比は大きく、輝度レベルが高くなるにつれ2つの比較した光源間の差は小さくなって、既存の物体色を考慮した実験とは異なる結果を得た。この結果は堀越らの実験の結果と同じ傾向で、明るさ知覚に及ぼす暗所視の視感度の影響についても、今後検討を行いたい。
- ②実験光源種別を色温度で整理すると、色温度が高くなるにつれ等価的な輝度比が減少する。輝度レベル別に比較すると、低い輝度レベルより高い輝度レベルで色温度の違いによる差は小さくなった。
- ③視対象物の色や形状を考慮しない室内空間において、光源の演色評価数と明るさの知覚の関係では、明るさ知覚に及ぼす光源の演色性の効果だけでは表現できな

いものがあると考えられる。

実験方法に関して、次のような事項についての検討を今後引きつづき行いたい。

- ①本実験では、前の条件の残像をなくするために2分間の暗順応をさせたが、その効果については不明なので、さらに検討をする必要があると考えられる。
- ②本実験は、低い輝度レベルに順応させた後、明るさを判断する調整法によったが、上昇系列と、下降系列を交互に用いた心理測定法による検討も行う必要があると考えられる。

注

予備実験として2名の被験者を用い20分間の暗順応をさせた結果と2分間の暗順応をさせた結果とは、あまり差は見られなかった。また、野田ら¹⁴⁾による、視覚機能に大きな影響を及ぼしている「瞳孔径が条件提示前の状態に回復するまでには、ほぼ1分間程度の時間を要するようである」という報告もあるので、2分間で行った。

引用文献

- 1) Aston, S.M., Bellchambers, H.E.: Illumination, colour rendering and visual clarity, Lighting Res. Technol. Vol. 1, No. 4, pp.259-261, 1969
- 2) 中村 洋, 比嘉後太郎, 沖 允人, 稲垣卓造: 蛍光灯の光の色と明るさ感に関する研究, 日本色彩学会誌, Vol. 4, No. 3, pp.30-31, 1980
- 3) W.A. Thornton/E. Chen: What is visual clarity, J. Illum. Engng. Soc. Vol. 7, No. 2, pp.85-94, 1978
- 4) W.B. Delancey/P.C. Hughes/J.F. Mcnelis/J.F. Sarver/T.F. Soules: An examination of visual clarity with high colour rendering fluorescen light sources, J. Illum. Engng. Soc. Jan. pp.74-84, 1978.
- 5) 納谷嘉信, 橋本健次郎: 光源の演色性による明るさ感と配色の目立ち感情の関連, 日本照明学会誌, Vol. 70, No. 2, pp.56-61, 1986
- 6) 日本照明学会: 照明用語事典, オーム社, p1, 1977
- 7) 河合 悟: 明るさ, 日本照明学会誌, Vol. 69, No. 9, pp.495-500, 1985
- 8) Flynn, J.E., Spencer, T.J.: The effects of light source color on user impression and satisfaction, J. Illum. Engng. Soc. April, pp.167-179, 1977
- 9) 堀越哲美, Tiller, D.K.: 明るさ知覚に及ぼす光源の波長分布と暗順応輝度の影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1163-1164, 1993
- 10) Berman, S.M.: Energy efficiency consequences of scotopic sensitivity, J. Illum. Engng. Soc. Vol. 21, No. 1, pp.3-14, 1992
- 11) 湯尻 照: 縮尺模型による照明条件の視環境評価に関する実験, 日本照明学会誌, Vol. 61, No. 3, pp.43-50, 1977
- 12) 乾 正雄: 建築の色彩設計, 鹿島出版会, p54, 1976
- 13) 納谷嘉信, 橋本健次郎: 高演色性蛍光ランプの照明下での明るさ感, 日本照明学会誌, Vol. 70, No. 2, pp.260-265, 1983
- 14) 野田 浩, 他2人: オフィス照明に関する研究 その4 目の順応状態がモデリングに及ぼす影響, 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), pp.1027-1028

(1995年12月10日原稿受理, 1996年6月20日採用決定)