

論文

昼光と人工光を併用する照明に適する光の色の 蛍光ランプに関する研究

中村 洋*・沖 允人**・小川 増美*

Study on Suitability of Light Colour of Fluorescent Lamps to Supplement Daylight in Office Interiors

Hiroshi Nakamura*, Masato Oki** & Masumi Ogawa*

*Nagoya Institute of Technology **Meijo University

Abstract

For energy saving in the field of architectural lighting, the daylighting technique supplemented by artificial light should be established as quickly as possible. However, it is not sufficient enough to add only artificial light for keeping minimum illuminance level in order to secure the comfortable visual environment in architectural spaces.

As the harmonization of supplementary artificial light with daylight is one of the most important problems to be examined for developing the new energy saving daylighting technique, an experimental study on the subjective preference of the colour of supplementary light emitted from four different typical and ordinary fluorescent lamps has been carried out applying an office simulated model room on a scale of 1 to 10.

As the results of this research work, it is concluded that the fluorescent lamp of the type of so-called 'New Generation' (5000K) is the most desirable of the four lamps for the daylighting supplemented by artificial light in office interiors in daytime, and that the type of 'Colour Matching' or 'Daylight' (6500K) is considered to be a next alternative to 'New Generation.' The type of 'Daylight' or 'Cool White' (4200K) is evaluated less than the two types above, and the type of 'White' or 'Warm White' (3500K) is regarded not to fit for supplementary artificial lighting.

1. 序

本邦では、事務所建築から住宅にいたるまで、蛍光ランプが建築照明の光源として広く普及している。一般の建築用蛍光ランプは、光の色や演色性によって、昼光色、白色、温白色⁽¹⁾に大別できるが、最近では、三波長域発光形⁽²⁾も市販されている。これらのうち、最も多く用いられているのは白色のようであり、昼光色がこれに次ぐようである。しかし、混用されている場合もかなり見られる。全般照明などで、光の色の異なった蛍光ランプが混在していると、見た目に異様であるばかりでなく、建築空間としても落ち着きを欠いた不快なものとなるであろう。また、空間としての必要な一体性が阻害され、分断されることもしばしば見られるようである。外部から見

たときも、照明器具は天井面に整然と配列されているのに、蛍光ランプは赤っぽいものや白っぽいものが入り混っている様相は、かなり都市景観を害すると考えられる。蛍光ランプの種類が統一されていても、昼光と人工光と併用する照明では、昼光と人工光の光の色の調和を計ることが肝要である。たとえば、明るく晴れあがった日に、比較的色温度の低い蛍光ランプが点灯されているのは、かなり気になるものであろう。このようなことは、建築の外部環境だけでなく、内部環境としても好ましい状態とは考えられない。

照明のエネルギーを節減するためには、従来の高照度水準の照明を排し、室内空間への昼光の導入を積極的に計らなければならない。しかし、安易な昼光の利用は、窓面のグレア、シルエット効果、モデリング、室内照度分布などの問題を生じるばかりでなく、建築空間としての一体性、雰囲気、落ち着きなどにも大きな影響を与え

* 名古屋工業大学建築学科

** 名城大学理工学部

る。これらは、前述の人工光相互の光の色の調和や昼光と人工光の光の色の調和に関する問題とともに、どちらかといえば、建築環境心理的な問題である。

筆者らは、建築空間における快適性、とくに、昼光と人工光の併用における照明の質に関する種々の実験的研究を試みている。本報は、これらのうち、昼光と蛍光灯の併用時における光の色の調和を主とし、さらに同一の照明器具が昼夜兼用されることを考慮し、蛍光灯の光の色に対する嗜好性も、併せて検討するものである。

2. 研究の目的

本研究は、視作業を特定し、視環境における作業性、たとえば、物の見やすさなどを検討するものではない。建築空間が備えるべき全体像としての好ましい雰囲気や視空間の快適性として把握、とくに、昼光と人工光の併用の場合について、光源の光の色と関連して検討することを目的としている。そして研究の対象を一応事務空間に限定したので人工光としては蛍光灯のみを取り扱うこととする。

本研究の具体的な検討事項は次の通りであり、これらのうち主体となるのは第1項である。

1) 昼光と人工光を併用する照明、とくに昼光を主体とする場合について、昼光と調和し、快適な建築の内部空間を構成する光の色の蛍光灯を検討する。

2) 昼間に、昼光と人工光の併用照明で用いる照明器具は、一般に夜間には単独で用いられるので、この場合の蛍光灯の光の色の嗜好性を検討する。

3) 建築の内部空間において、その空間全体から受ける明るさに対する印象を、本研究では「明るさ感」と称することとし、蛍光灯の光の色と明るさ感の定量的な検討を試みる。

以上によって、事務空間の併用照明に適する蛍光灯を検討し、推奨することを本研究の窮極の目的とする。

3. 研究の方法

建築環境心理的な要素を多分に含む研究では、実際の建築空間での実態調査や実験、模型室による実験が有効である。本研究では、筆者らが開発し、視環境の快適性に関する種々の実験に供している視環境模擬実験装置を用い、模型実験を行なうことにした。模型の縮尺は、現寸に近いほど望ましいと考えられるが、実験室の広さ、実験装置の大きさ、経済的な条件などを検討の結果、1/10とした。これは、このような研究で使用されている模型の縮尺では、下限に近いものである⁽³⁾。

実験は、十分な教示を与えられた被験者が、外部から模型室の内部を、観察窓を通して観察し、模型室の内部に居るものとして、その主観判断や評価を実験者の質問に従って報告し、実験者がそれを記録するという手順とした。

尚、模型室内の水平面照度、天空の色温度や輝度など

の物理量も可能な限り測定し、記録することとした。

4. 視環境模擬実験装置の概要と本実験のための仕様

視環境模擬実験装置は⁽⁴⁾、模型室と、模型室の天井面の照明器具⁽⁵⁾に光を供給する照明ボックス、それに付属する接続および切換スイッチ盤、調光装置、照明ボックスの支持台などで構成されている。

模型室は照明ボックスに着脱が可能で適当なものと交換することもできる。また、模型室の天井⁽⁶⁾、壁⁽⁷⁾、床なども、それぞれ独立に交換できる。模型室内に配置する模型の家具什器などは十分に用意されている。照明ボックス内の人工光源は、個別に専用の取付器具に固定され、この取付器具ごと交換される。これによって、人工光源の交換を簡単に行なうことができ、種類の異なった人工光源の混用が可能となっている。また、個々の人工光源は、個別に、あるいは、任意のグループで調光や点滅が可能である。さらに、照明ボックス内には、適宜、遮光仕切板を取り付け、模型室の照明器具に合わせて人工光源を利用できるようになっている。Photo 1 にその外観、Photo 2 に模型室の構成例⁽⁸⁾を示す。

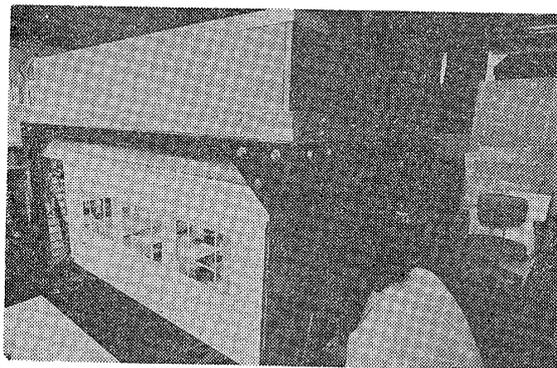


Photo 1 視環境模擬実験装置の外観

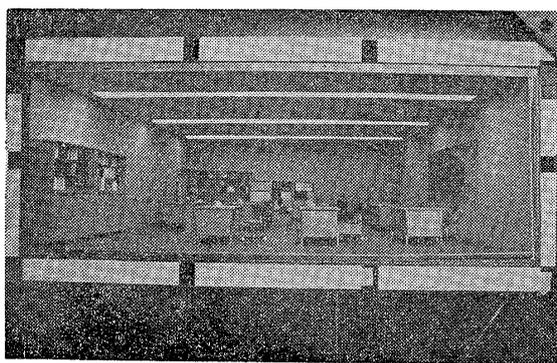


Photo 2 模型室の構成例

(左) Table 1 模型室の内法実寸法

(右) Table 2 模型室の内装

寸法 (mm)		色彩 ⁽⁹⁾ 反射率 (%) 模型材料			
間口	840 (8400)	天井	N 8	84	(10) (紙製) 化粧ボード
奥行	840 (8400)	壁	Y 7/1	35	"
天井高	300 (3000)	床	5PB 3/2	10	プラスチックタイル

() 内は想定した事務空間の内法寸法

本研究のために、特に設定した視環境模擬実験装置の仕様は、およそ次のようである。

模型室の内法実寸法および想定した事務空間の内法寸法を **Table 1** に示す。また、**Table 2** にその内装の仕様を示す。観察窓は、壁面の一つに、奥行方向の中心、床上 150mm に設けた。これは立位の日本人の平均の目の高さとして 1,500mm⁽¹¹⁾ を想定したものである。天井面の照明器具は、観察窓からの視線に平行となるような 6 列とした。また、採光窓を設けるときは、観察窓がある壁面に隣接する左側の壁面に設けた。

照明ボックス内には、**Table 3** に示すような 4 種類の蛍光灯のすべての組み合わせに従い、2 種類の 40W の蛍光灯をそれぞれ 6 本ずつ計 12 本を設置したが、昼光と併用するときは、2 種類の蛍光灯を交互に並び、2 本ごとに遮光仕切板を設けた。人工光のみの場合は、2 種類の蛍光灯を左右に分け中央に遮光仕切板を設けた。それぞれの蛍光灯は、1 本ごとに、遮光仕切板による同一区分内ごとに、また、全体の同種の蛍光灯ごとに調光と点滅ができるようにした。

5. 実験

実験は、昭和55年10月27日から11月21日までの26日間に行なった。被験者は合計24名で大部分は男子大学生である⁽¹²⁾。個々の実験の被験者は、この24名から無作為に抽出した。実験は、名古屋工業大学建築学科棟3階の視環境実験室で行なった。尚、実験に先立って、被験者には実験の主旨や質問の内容について十分の教示を与え、必要に応じて若干の訓練を施した。**Table 4** は実験に使用した蛍光灯⁽¹³⁾ の色温度と平均演色評価数⁽¹⁴⁾ である。

5.1 昼光と人工光の併用照明の実験 (以下実験 I という)。この実験は、研究の目的の第 1 項に関する実験である。**Fig. 1** および **Photo 3** に示すような模型室を装着した視環境模擬実験装置を視環境実験室の南面する窓際に設置し、実験室の外部の遠景が模型室の外部景観として不自然でなく眺められるようにした。

実験は、晴天および曇天で、天空の状態が安定している日の午前 9 時半前後から午後 2 時半前後の間に行なった。また、実験室の窓を開放し、天空光が直接模型室内へ射入するようにした。とくに晴天時には、直射日光を避けるように配慮した。

人工光のみによる模型室内の照度分布ができるだけ均斉となるように、また、その作業面における照度水準を 300 lx と 600 lx⁽¹⁵⁾ とし、それを設定の目標として調光をした。

照明ボックス内では、2 種類の蛍光灯が 1 本ずつ組み合わせられ、遮光仕切板で区分されて、模型室の照明器具の 1 列に対応している。したがって、同種の蛍光灯ごとの点滅切換によって、同一の照度水準で異なった蛍光灯による事務空間を同一の模型室内に交互に構成できる。

(左) **Table 3** 蛍光灯の組合せ

(右) **Table 4** 蛍光灯の色温度と平均演色評価数

昼光色 ● 三波長域	蛍光灯	色温度 (K)	平均演色評価数
昼光色 ● 白色	昼光色	6500	77
昼光色 ● 温白色	三波長域	5000	84
三波長域 ● 白色	白色	4200	63
三波長域 ● 温白色	温白色	3500	59
白色 ● 温白色			

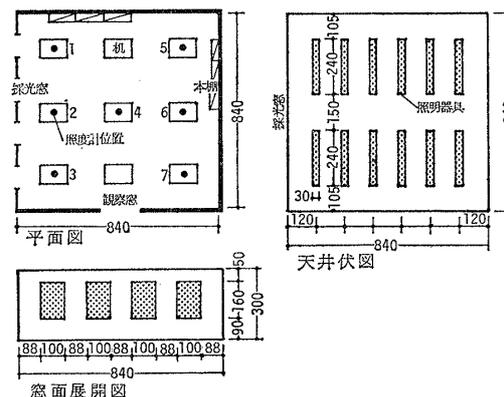


Fig. 1 昼光と人工光の併用時の実験に用いた模型室

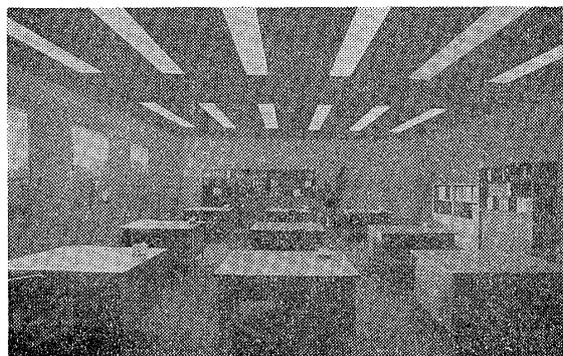


Photo 3 昼光と人工光の併用時の実験に用いた模型室の内部 (観察窓から撮影)

Table 5 実験時の各種測定値

天空状態	照度水準 (lx)	光源	平均照度 (lx)	均斉度	天空輝度 (cd/m ²)	色温度 (K)	
						B/R	G/R
晴	300	昼光+人工光	1025	0.573	20980	5570	5090
		人工光のみ	374	0.845			
		昼光のみ	652	0.383			
曇	600	昼光+人工光	1268	0.709	20650	6370	5060
		人工光のみ	709	0.886			
		昼光のみ	559	0.438			
曇	300	昼光+人工光	835	0.493	2245	5730	5390
		人工光のみ	401	0.781			
		昼光のみ	233	0.120			
天	600	昼光+人工光	878	0.881	6070	5590	4470
		人工光のみ	684	0.896			
		昼光のみ	194	0.402			

実験は、継時比較によった。その手続きは次のようである。まず、人工光を消灯し、昼光のみによる模型室内を被験者に十分観察させた後、一方の蛍光ランプを点灯する。次いで他方に点滅切換を行なう。以後、被験者の要求に応じて点滅切換を繰り返し、被験者が観察と比較を十分行なったことを確認した上で、口頭の質問に移る。質問中でも、被験者の要求があれば、点滅切換を繰り返す。尚、蛍光ランプの点滅切換は、順応を考慮した時間間隔で行なった。

質問事項は、室内の雰囲気に関する用語や照明に関する用語を蒐集し、それらを整理検討して、次の5点にした。すなわち、2種類の蛍光ランプで照明された模型室を比較して、事務空間であることを前提として、「室内の感じの良い方」、室全体として、「落ち着いた感じのする方」、「全体として空間的に明るいと感じる方」、室内の仕上げ、家具什器などの物体色が「鮮やかに見える方」、昼光と人工光に違和感や不自然さが少なく、「より調和していると感じる方」を指摘させることとした。この各項は、以後、「雰囲気好み」、「落ち着いた感」、「明るさ感」、「物体色の鮮やかさ」、「昼光と人工光の調和感」と、それぞれを称することにする。尚、被験者が判断に迷ったり、同等とした場合は、判断不能として処理し、判定を強制しないこととした。また、これらの質問順序は、無作為とした。Table 5 に実験中の平均照度⁽¹⁶⁾などを示す。

5.2 人工光の光の色の嗜好性の実験（以下実験IIという）。この実験は、研究の目的の第2項に関する実験である。しかし、実験の都合上、各ケースごとに第3項の明るさ感の定量化の実験も同時に行なった。

用意した模型室を Fig.2, Photo 4 に示す。この模型室は、中央部分でできるだけ目立たないように配慮された間仕切で2室に分けられ、それぞれ別種の蛍光ランプで照明される。観察窓からは同時に観察でき、その内部は家具や什器の配置まで含めてほぼ対称とされている。

実験は同時比較⁽¹⁷⁾とし、質問は前述の実験と同様の手続を経て、次の5点とした。すなわち、「雰囲気」の好き嫌い、「暖かさ感」の有無、光の色の好みも含んで、人工光の光の色と室内の物体色との「調和感」の有無、「落ち着いた感」の有無、「明るさ感」の有無とした。被験者は同時比較をしながら、それぞれの室について個別に判断を試みる。両室に対する判断が異なるときは、それによって順位が定まるが、同じ判断のときは、さらに順位をつけることとした。

作業面の照度水準は、300 lx と 900 lx としたが、明るさ感については、次の実験との関係で 600 lx と 1200 lx についての資料も得られた。

この実験は主として夜間に行なった。順応の影響を少なくするために、被験者はまず、比較的暗い実験室で15分程度以上待機した後、無点灯の模型室を数分間のぞく。次いで、同じ照度水準になるよう調整しておいた両室が同時に点灯される。実験者は被験者が十分観察した

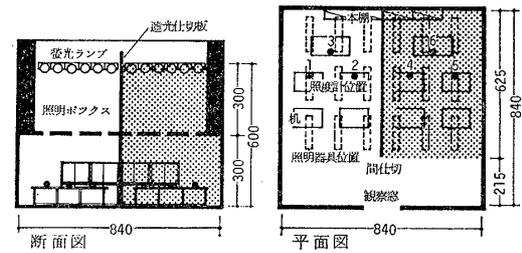


Fig. 2 人工光の光の色の嗜好性の実験に用いた模型室

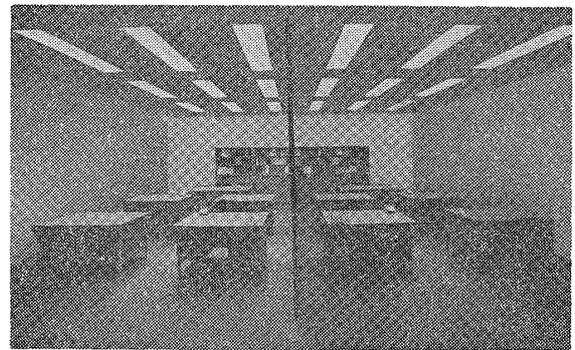


Photo 4 人工光と光の色の嗜好性の実験に用いた模型室内部（観察窓から撮影）

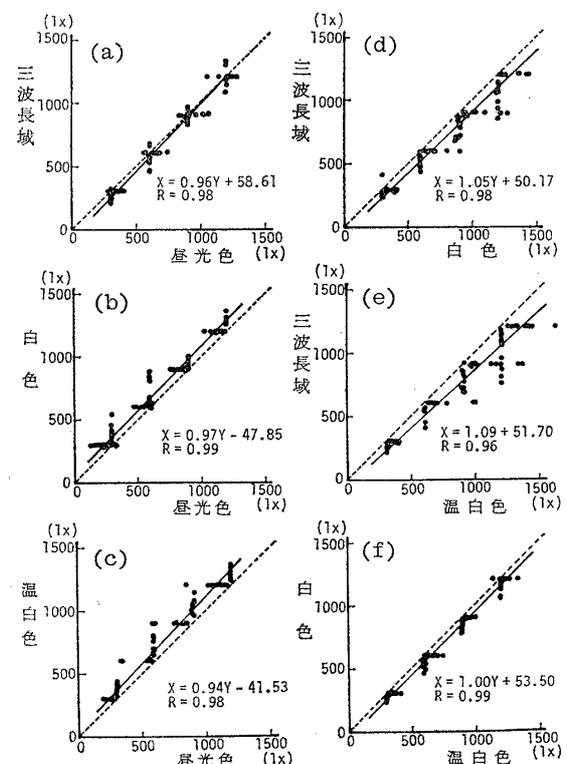


Fig. 3 明るさ感が等しいときの照度の関係

Table 6 実験の結果(実験I)

質問	天空状態	照度水準 (Lx)	屋光色・三波長域	屋光色・白色	屋光色・温白色	三波長域・白色	三波長域・温白色	白色・温白色
雰囲気 の好み	晴天	300	(4)(1) (10) 15	(8) (7) 15	(15) 15	(11) (4) 15	(15) 15	(15) 15
		600	(9) (11) 20	(14) (1)(2) 17	(17) 17	(17) (4) 21	(16) (1) 17	(18) (2) 20
	曇天	300	(3)(2) (11) 16	(10) (6) 16	(14) (1)(1) 16	(12) (1)(3) 16	(15) (1) 16	(15) (1) 16
		600	(7) (12) 19	(11) (6) 17	(15) (1) 16	(12) (6) 18	(16) 16	(16) (1) 17
落ち着き 感	晴天	300	(3)(2) (10) 15	(5) (1) (9) 15	(10) (1) (4) 15	(8) (1) (6) 15	(11) (1)(3) 15	(12) (1)(2) 15
		600	(7) (13) 20	(12) (5) 17	(16) (1) 17	(7) (2) (12) 21	(16) (1) 17	(18) (2) 20
	曇天	300	(4) (2) (10) 16	(10) (6) 16	(12) (4) 16	(11) (5) 16	(14) (2) 16	(14) (2) 16
		600	(6) (13) 19	(7) (1) (9) 17	(13) (1)(2) 16	(10) (8) 18	(11) (1)(4) 16	(12) (1)(4) 17
明るさ 感	晴天	300	(9) (3) (3) 15	(12) (3) 15	(14) (1) 15	(12) (3) 15	(14) (1) 15	(15) 15
		600	(14) (6) 20	(15) (2) 17	(16) (1) 17	(20) (1) 21	(17) 17	(19) (1) 20
	曇天	300	(11) (2) (3) 16	(14) (2) 16	(14) (1)(1) 16	(13) (3) 16	(15) (1) 16	(15) (1) 16
		600	(8) (11) 19	(17) 17	(15) (1) 16	(15) (1)(2) 18	(16) 16	(13) (4) 17
物体色 の鮮やかさ	晴天	300	(2)(2) (11) 15	(8) (4) (3) 15	(10) (3)(2) 15	(11) (3)(1) 15	(11) (3)(1) 15	(11) (3)(1) 15
		600	(5) (3) (12) 20	(7) (3) (7) 17	(14) (1)(2) 17	(19) (1)(1) 21	(17) 17	(10) (5) (5) 20
	曇天	300	(4) (1) (11) 16	(10) (2) (4) 16	(13) (3) 16	(14) (2) 16	(15) (1) 16	(13) (3) 16
		600	(2)(1) (16) 19	(11) (3) (3) 17	(10) (2) (4) 16	(16) (2) 18	(15) (1) 16	(7) (2) (8) 17
屋光と人工光 の調和感	晴天	300	(3) (12) 15	(9) (6) 15	(15) 15	(12) (5) 15	(15) 15	(15) 15
		600	(11) (2) (7) 20	(12) (1)(4) 17	(17) 17	(16) (5) 21	(17) 17	(19) (1) 20
	曇天	300	(3)(1) (12) 16	(6) (1) (9) 16	(14) (2) 16	(12) (4) 16	(16) 16	(16) 16
		600	(6) (13) 19	(9) (1) (7) 17	(15) (1) 16	(15) (3) 18	(14) (1)(1) 16	(17) 17

凡例 屋光色 (屋光色蛍光灯ランプ) 三波長域 (三波長域屋光色形蛍光灯ランプ) 白色 (白色蛍光灯ランプ) 温白色 (温白色蛍光灯ランプ) 判定不能
 それぞれの下の () 内に記入した数字は、それぞれの解答を選択した解答者数を示す。 □ 内に記入した数字は、そのケースの被験者数の合計を示す。

Table 7 χ^2 の値と有意性 (実験 I)

質問	天空状態	照度水準 (Lx)	昼光色・三波長域		昼光色・白色		昼光色・温白色		三波長域・白色		三波長域・温白色		白色・温白色		
雰囲気 の好み	晴天	300	▲ 3.267	1.667	0.067	○ ○	○ ○	○ ○	△ 3.267	▲	○ ○	○ ○	○ ○	○ ○	
		600	0.200		○ ○	● ●	○ ○	● ●	○ ○	● ●	○ ○	● ●	○ ○	● ●	
		計	2.314	1.400	4.500	6.125	32.000		11.111		28.125		27.457		
	曇天	300	● 6.250	2.250	1.000	○ ○	○ ○	● ●	△ 4.000	● 6.250	○ ○	● ●	○ ○	● ●	
		600	1.316		1.471	○ ○	○ ○	● ●	○ ○	● ●	○ ○	● ●	○ ○	● ●	
		計	▲ 6.429	▲ 3.457	2.455	○ ○	○ ○	● ●	○ ○	● ●	○ ○	● ●	○ ○	● ●	
	合計	8.229	4.629	6.785	8.138	52.563	56.250	16.514	18.514	56.250		52.941	56.529		
	落ち 着き感	晴天	300	● 5.400	1.667	1.667	0.600	1.667	3.267	0.067	0.600	△ 3.267	5.400	○ ○	● ●
			600	1.800		△	▲	○ ○	● ●	2.333	0.429	○ ○	● ●	○ ○	● ●
			計	6.429	3.457	0.125	0.500	12.500	15.125	1.000	0.000	15.125	18.000	17.857	20.829
曇天		300	● 4.000	1.000	1.000	○ ○	4.000	● ●	2.250		○ ○	● ●	○ ○	● ●	
		600	2.579		0.529	0.059	6.250	9.000	0.222		2.250	4.000	△ 2.882	4.765	
		計	6.429	3.457	0.030	0.273	10.125	12.500	1.882		10.125	12.500	10.939	13.364	
合計		12.857	6.914	0.138	0.754	22.563	27.563	0.057	0.914	25.000	30.250	28.471	33.882		
明る さ感		晴天	300	○ 0.600	5.400	5.400	○ ○	11.267	○ ○	5.400	○ ○	11.267	○ ○	15.000	
			600	△ 3.200	▲	○ ○	● ●	13.235	○ ○	17.190	○ ○	17.000	○ ○	16.200	
			計	3.457	8.257	15.125	○ ○	24.500	○ ○	21.778	○ ○	28.125	○ ○	31.114	
	曇天	300	2.250	6.250	9.000	○ ○	9.000	12.250	6.250	○ ○	12.250	○ ○	12.250	16.000	
		600	0.474		17.000	○ ○	12.250	16.000	8.000	10.889	○ ○	16.000	○ ○	4.765	
		計	0.257	1.400	25.485	○ ○	21.125	28.125	14.235	16.941	28.125	○ ○	16.030	18.939	
	合計	2.800	8.229	40.015	○ ○	45.563	52.563	35.714	38.629	56.250	○ ○	46.118	49.471		
	物体色 の鮮やかさ	晴天	300	● 8.067	▲ 3.267	0.067	5.400	1.667	8.067	△ 3.267	11.267	△ 3.267	11.267	△ 3.267	11.267
			600	5.000	0.800	0.529	0.529	7.118	9.941	13.762	17.190	○ ○	17.000	0.000	5.000
			計	12.600	3.457	0.125	4.500	8.000	18.000	16.000	28.444	18.000	28.125	1.400	15.114
曇天		300	● 4.000	2.250	1.000	4.000	6.250	○ ○	9.000	○ ○	12.250	○ ○	6.250		
		600	11.842	8.895	1.471	7.118	1.000	4.000	10.889	○ ○	12.250	16.000	0.529	0.059	
		計	15.114	10.314	2.454	10.939	6.125	15.125	19.882	○ ○	24.500	28.125	1.485	3.667	
合計		27.657	12.857	0.754	14.785	14.063	27.563	35.714	48.057	42.250	56.250	2.882	17.000		
昼光と人工光 の調和感		晴天	300	○ 5.400	○	0.600	○ ○	15.000	○ ○	5.400	○ ○	15.000	○ ○	15.000	
			600	0.200	1.800	△ 2.882	4.765	○ ○	17.000	○ ○	5.762	○ ○	17.000	○ ○	16.200
			計	1.400	0.257	3.125	4.500	32.000		11.111		32.000		31.114	
	曇天	300	● 6.250	4.000	1.000	0.250	9.000	16.000	4.000	○ ○	16.000	○ ○	16.000		
		600	2.579		0.059	0.529	○ ○	12.250	○ ○	8.000	○ ○	9.000	12.250		
		計	8.257	6.429	0.273	0.030	21.125	28.125	11.765	○ ○	24.500	28.125	33.000		
	合計	8.229	4.629	0.754	2.600	52.563	60.063	22.857	○ ○	56.250	60.063	64.059			

凡例 ○○ 肯定 非常に有意 ○ 肯定 有意 △ 肯定 有意に近い ●● 否定 非常に有意 ● 否定 有意 ▲ 否定 有意に近い

ことを確認してから質問を試みた。

5.3 明るさ感に関する実験 (以下実験Ⅲという)。同一の照度水準になるように調整の上、同時に点灯された2室のうち、明るさ感の大なる方を被験者に指摘させる。実験者は2室のうち一方の照度の調整により、被験者が2室が同じ明るさ感になったとしたときのそれぞれの照度を上昇系列、下降系列について求める。次いで明るさ感の小なる方についても同様の実験を繰り返す。

尚、照度の調整は可能な限り時間をかけることとした。照度水準の初期設定値は、300 lx, 600 lx, 900 lx, 1200 lx とした。

6. 資料の整理

実験の進捗に合わせて実験記録の整理を行ない、実験上の過誤や記入の誤りをチェックした。また、必要な場合は再実験も試みた。

実験Ⅰの結果を Table 6 に示す。また、これより求めた χ^2 の値とその有意性の判定を Table 7 に示す。Table 7 における χ^2 の値の算出の方法と判定不能の取り扱いは次のようにした⁽¹⁸⁾。

たとえば、Table 6 に示すように、昼光色蛍光ランプによる場合と白色蛍光ランプによる場合の比較で、「雰囲気好み」についての晴天の照度水準 600 lx のケースの結果は、被験者数17のうち、昼光色とするもの14、白色とするもの2、判定不能とするもの1である。したがって、昼光色を是とするものは14、是としないものは白色を是とするもの2と判定不能の1の計3である。もし、昼光色が是と是としないのまったく中間にあるとすれば、それぞれの期待値は 17/2 である。このような母集団に対する仮定が許されるかどうかを χ^2 で検討する。この場合、 χ^2 の値は 7.118 で「非常に有意」とすることができる。したがって、白色に対して、昼光色は肯定されたとする。一方、白色を是とするものは2で、是としないものは15である。上と同様に考えれば、 χ^2 の値は 9.941 である。これも「非常に有意」である。これを、昼光色に対して、白色は否定されたとする。尚、「雰囲気好み」については「好きな方」、「落ち着き感」、「明るさ感」、「昼光と人工光の調和感」については、「有る方」、「物体色の鮮やかさ」については「鮮やかな方」を肯定とした。さらに Table 7 では χ^2 の 99% の値

Table 8 実験の結果 (実験Ⅱ)

質問	照度水準 (Lx)	昼光色・三波長域	昼光色・白色	昼光色・温白色	三波長域・白色	三波長域・温白色	白色・温白色
雰囲気	300	(7)	(6) (1)	(5) (2)	(7)	(7)	(6) (1)
	900	(1)(1) (5)	(4) (3)	(4) (3)	(7)	(6) (1)	(5) (2)
暖かさ感	300	(7)	(7)	(1) (6)	(7)	(1) (6)	(7)
	900	(7)	(7)	(2) (5)	(2) (5)	(7)	(1) (6)
調和感	300	(7)	(6) (1)	(6) (1)	(7)	(7)	(6) (1)
	900	(1) (6)	(4) (3)	(6) (1)	(7)	(6) (1)	(5) (2)
落ち着き感	300	(1) (6)	(6) (1)	(4) (3)	(7)	(6) (1)	(5) (2)
	900	(2) (5)	(3) (4)	(4) (3)	(6) (1)	(5) (2)	(4) (3)
明るさ感	300	(1) (6)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)
	600	(1) (6)	(7)	(7)	(7)	(7)	(6) (1)
	900	(1) (3) (3)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)
	1200	(1) (3) (3)	(7)	(7)	(7)	(7)	(5) (2)

凡例 昼光色 (昼光色蛍光ランプ) 三波長域 (三波長域形蛍光ランプ) 白色 (白色蛍光ランプ) 温白色 (温白色蛍光ランプ) 判定不能
 それぞれの下の () 内に記入した数字は、それぞれの解答を選択した解答者数を示す。 解答者数は、各ケースについて7名。

6.635 と、95% の値 3.841 に加えて、90% の値 2.706 により、これ以上のものを「有意に近い」として示してある。また、質問項目と蛍光ランプの組み合わせごとに、天空状態別に集計した項と、すべてを集計した項を追加してある。

実験Ⅱについても以上と同様にする。これを **Table 8**, **Table 9** に示す。「雰囲気」については「好きな方」、「暖かさ感」、「調和感」、「落ち着き感」、「明るさ感」については「有る方」を肯定とした。

実験Ⅲについては、蛍光ランプの組み合わせごとに明るさ感が等しいと判断されたときの、それぞれの蛍光ランプによる照度を直角座標にプロットした。これを **Fig. 3(a)~(f)** に示す。これには、回帰直線の式と相関係数を付記した。

7. 実験結果の検討

実験Ⅰと実験Ⅱの資料を、検討するために次のような基準を定め分類を試みた。(a) χ^2 の値が「非常に有意」、「有意」、「有意に近い」として肯定されるもの、(b) χ^2 の値は (a) と同様であるが否定されるもの、(c) 解答者数の多数の方と少数の方の差が、判定不能としたものより大で、(a),(b) に含まれないもの、(d) その他、である。この結果を表にまとめて、**Table 10**, **Table 11** に示す。

この分類では、(a) に属するものは、必ず (b) を伴う。しかし、(b) だけというケースはある。また、多数

の方と少数の方の差も大小があるので、さらに次のように2つの段階を設け、それに従って、それぞれの蛍光ランプによって照明された空間が肯定される程度を比較し、順位を検討することにした。すなわち、前述の(a)のみとする段階(段階Aとする)と、(a)に(b)および(c)まで含め、さらに解答の中に判定不能が少ないこと、解答者数が多数の方と少数の方の比が2:1程度以上であることとする段階(段階Bとする)である。

この検討は、個々のケースについては、段階A、および段階B、質問項目ごとに合計した結果については段階Bを適用した。この結果を図解して、**Table 12**, **Table 13** に示す。尚、これらの表には解答者数の多数の方と少数との差が小であるケースや、多数の方と少数の方が同一の範疇の他の場合の逆であっても、その差が極めて小であり、同等と見做すことのできるケースであれば、それらを含んでいても、全体としての順位の設定が可能と判断した時は段階Bに準ずるとして点線で示してある。

実験Ⅲについては、それぞれの回帰直線を三波長域を基準としてモデル化した。これを **Fig. 4** に示す。

8. 考察

実験Ⅰに関する質問項目を同等の重みづけで評価することはできないと考えるが、**Table 12** を概観すれば、三波長域が最も優位であり、温白色を最低位とすることが

Table 9 χ^2 の値と有意性 (実験Ⅱ)

質問	照度水準 (Lx)	星光色・三波長域	星光色・白色	星光色・温白色	三波長域・白色	三波長域・温白色	白色・温白色
雰囲気	300	●●○○ 7,000	△ 3,571 ▲	1,286	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	△ 3,571 ▲
	900	▲ 3,571 1,286	0,143	0,143	○○ 7,000 ●●	△ 3,571 ▲	1,286
	計	●●○○ 10,286 7,143	2,571	1,143	○○ 14,000 ●●	○○ 10,286 ●●	○ 4,571 ●
暖かさ感	300	●●○○ 7,000	●●○○ 7,000	▲ 3,571 △	●●○○ 7,000	▲ 3,571 △	●●○○ 7,000
	900	●●○○ 7,000	●●○○ 7,000	1,286	1,286	●●○○ 7,000	▲ 3,571 △
	計	●●○○ 14,000	●●○○ 14,000	4,571	●●○○ 7,143	●●○○ 10,286	●●○○ 10,286
調和感	300	●●○○ 7,000	△ 3,571 ▲	△ 3,571 ▲	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	△ 3,571 ▲
	900	▲ 3,571 △	0,143	3,571 ▲	○○ 7,000 ●●	△ 3,571 ▲	1,286
	計	●●○○ 10,286	2,571	○○ 7,143 ●●	○○ 14,000 ●●	○○ 10,286 ●●	○ 4,571 ●
落ち着き感	300	▲ 3,571 △	△ 3,571 ▲	0,143	○○ 7,000 ●●	△ 3,571 ▲	1,286
	900	1,286	0,143	0,143	△ 3,571 ▲	1,286	0,143
	計	● 4,571 ○	1,143	0,286	○○ 10,286 ●●	○ 4,571 ●	1,143
明るさ感	300	▲ 3,571 △	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●
	600	▲ 3,571 △	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	△ 3,571 7,000 ●●
	900	▲ 3,571 0,143	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●
	1200	▲ 3,571 0,143	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	○○ 7,000 ●●	1,286 7,000 ●●
	計	●●○○ 14,286 2,856	○○ 28,000 ●●	○○ 28,000 ●●	○○ 28,000 ●●	○○ 28,000 ●●	○○ 17,286 28,000 ●●

凡例 ○○ 肯定 非常に有意 ○ 肯定 有意 △ 肯定 有意に近い ●● 否定 非常に有意 ● 否定 有意 ▲ 否定 有意に近い

できる。しかし、明るさ感について、昼光色は三波長域と同等以上であり、雰囲気好みや調和感についても、同等に近いと考えることができる。昼光色と白色では、同等とすべき場合もあるが、全体的には、昼光色の方が優位とするのが妥当であろう。したがって、この実験に関する限り、三波長域、昼光色、白色、温白色の順と考える。これは三波長域と昼光色の色温度が比較的昼光の色温度に近いことによると考えることができる。また、平均演色評価数の大なるものからの順序に一致する。

実験Ⅱに関しても、暖かさ感を除けば、Table 13 によって、上と同じ順位が想定できる。しかし、暖かさ感については、温白色、白色、三波長域、昼光色とすることが妥当である。これは、蛍光ランプの色温度の低い方からの順序に一致する。

Fig. 4 は、温白色による場合が、三波長域による場合と同じ明るさ感を得るためには、10%以上高い照度が必要であることを示している。また、三波長域の場合と昼

光色の場合を比較すると、照度が高いとき、差が少ない。これは、実験Ⅱにおいて、照度が高いとき、明るさ感に関する順位の判定が曖昧になると照応している。

以上の結果、それぞれの質問項目について、肯定とした方を推奨できると考えるので、昼光と人工光の併用照明における人工光源としての蛍光ランプには、三波長域発光形蛍光ランプが最も適し、昼光色蛍光ランプがこれに次いで適すると考える。但し、光の色に暖かさを求める場合は別に考慮しなければならない。

9. 結語

現在の事務所建築では、昼光と人工光の併用照明が一般となっている。これに適した蛍光ランプは、その光の色と建築空間の見地から、三波長域発光形蛍光ランプとし、これに次ぐものを昼光色蛍光ランプとした。

しかし、本研究は、模型室によるものであり、実際の建築空間におけるものではない。また、被験者の層の幅も狭い。この点について、筆者らは、常々、自室の蛍光ランプを交換して、観察したり、来訪者など第三者に対して質問を試みたりすることに努めている。その結果、併用時の人工照明の光の色は重要な要因となり、上述のような結論は妥当であるとの心証を得ている。他方、夜間の人工光源としては、本研究のように特に比較を試みない限り、ここで検討した4種類の蛍光ランプの差は考慮する程のものでないようである。これは色順応の影響と考えられる。色温度が2700 Kで、平均演色評価数が95の蛍光ランプについても簡単な実験を試みたが、評価は温白色よりも低位であった。これは、併用照明においては、色温度が、かなりの要因となり、平均演色評価数が要因として必ずしも評価できないことを示している。

Table 10 実験結果の検討 (実験Ⅰ)

質問	天気状態	照度水準 (Lx)	昼光色		三波長域		白色	
			三波長域	白色	三波長域	白色	三波長域	白色
雰囲気好み	晴天	300	●	+	○	○	○	○
		600	+	○	○	○	○	○
		計	+	○	○	○	○	○
	曇天	300	●	+	○	○	○	○
		600	+	+	○	+	○	○
		計	○	+	○	○	○	○
合計		○	○	○	○	○	○	
落ち着き感	晴天	300	●	+	●	+	○	○
		600	+	○	○	+	○	○
		計	○	+	○	+	○	○
	曇天	300	●	+	○	+	○	○
		600	+	+	○	+	○	○
		計	○	+	○	+	○	○
合計		○	+	○	+	○	○	
明るさ感	晴天	300	○	○	○	○	○	○
		600	○	○	○	○	○	○
		計	○	○	○	○	○	○
	曇天	300	○	○	○	○	○	○
		600	+	○	○	○	○	○
		計	+	○	○	○	○	○
合計		○	○	○	○	○	○	
物体色の鮮やかさ	晴天	300	○	○	○	○	○	○
		600	○	○	○	○	○	○
		計	○	○	○	○	○	○
	曇天	300	○	○	○	○	○	○
		600	○	○	○	○	○	○
		計	○	○	○	○	○	○
合計		○	○	○	○	○	○	
昼光と人工光の調和感	晴天	300	○	+	○	○	○	○
		600	+	○	○	○	○	○
		計	+	○	○	○	○	○
	曇天	300	○	+	○	○	○	○
		600	+	+	○	○	○	○
		計	○	+	○	○	○	○
合計		○	+	○	○	○	○	

凡例 ○ 肯定の有意 + 否定の有意 ● 否定の有意のみ
+ 解答者多数 — その他

Table 11 実験結果の検討 (実験Ⅱ)

質問	照度水準 (Lx)	昼光色		三波長域		白色	
		三波長域	白色	三波長域	白色	三波長域	白色
雰囲気	300	○	○	+	○	○	○
	900	●	+	+	○	○	+
	計	○	+	+	○	○	○
暖かさ感	300	○	○	○	○	○	○
	900	○	○	+	+	○	○
	計	○	○	○	○	○	○
調和感	300	○	○	○	○	○	○
	900	○	+	○	○	○	+
	計	○	+	○	○	○	○
落ち着き感	300	○	○	+	○	○	+
	900	+	+	+	○	+	+
	計	○	+	+	○	○	+
明るさ感	300	○	○	○	○	○	○
	600	○	○	○	○	○	○
	900	○	○	○	○	○	○
	1200	●	○	○	○	○	○
	計	○	○	○	○	○	○

凡例 ○ 肯定の有意 + 否定の有意 ● 否定の有意のみ
+ 解答者多数

尚、本研究は南天の昼光について試みられたが、他の方位の昼光についても同様の研究が必要であろう。また、明るさ感の定量化については、蛍光ランプの効率なども含めたものに発展させなければならないと考えている。

本研究は財団法人鹿島学術振興財団の研究助成金を受けたことを記し、同財団に深く感謝の意を表する。

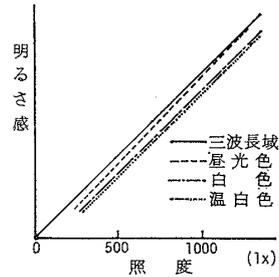


Fig. 4 三波長域を基準とした明るさ感と照度の関係

Table 12 順位の検討 (実験 I)

質問	項目による検討		合計による検討
	段階 A	段階 B	段階 B
雰囲気好み	昼光色 三波長域 白色	温白色 三波長域 昼光色 白色	三波長域 昼光色 白色 温白色
落ち着き感	白色 温白色	三波長域 昼光色 白色	三波長域 昼光色 白色 温白色
明るさ感	昼光色 三波長域	白色 三波長域 昼光色	三波長域 昼光色 白色 温白色
物体色鮮やかさ	三波長域 白色 温白色	三波長域 昼光色 白色	三波長域 昼光色 白色 温白色
昼光と人工光の調和感	三波長域 白色 温白色 昼光色	三波長域 白色 温白色 昼光色	三波長域 昼光色 白色 温白色

(左側の方がより肯定的とする。)

〔注〕

- (1) 特に必要のないかぎり、昼光色蛍光ランプ、白色蛍光ランプ、温白色蛍光ランプを、昼光色、白色、温白色と略称する。後述の三波長域発光形蛍光ランプは三波長域発光形、または、三波長域と略称する。
- (2) 三波長域発光形蛍光ランプという名称は、一般名としてほぼ固定したようである。
- (3) 例えば、下記の研究では、それぞれ現寸、1/3、1/12の模型室を使用している。
 - (a) Aubrée, A. Chauvel, P. : Éclairage artificiel pendant le jour d'une pièce profonde -LUX, No. 95, Dc. 1977-
 - (b) Söllner, G. : Ein einfaches System zur Blendungsbewertung -Lichttechnik, vol. 17, No. 5, Mai, 1965-
 - (c) Ne'eman, E. Hopkinson, R. G. : Critical minimum acceptable window size -Lighting Research and Technology, vol. 2, No. 1, 1970-
- (4) 参考文献(3), (4) 参照。
- (5) 模型室の照明器具は、実際の照明器具を模して製作したもので、照明ボックスの光を、透過材を経て、模型室へ供給する。本実験ではトレーシングペーパーを透過材として用いた。
- (6) 天井面には照明器具を取りつけてある。照明器具は天井面と一体となっているものと、着脱可能なものと2種類ある。
- (7) 壁面には、採光窓を取りつけることがある。
- (8) **Photo 1, Photo 2** は実験装置の例を示したものである。ここでは、本研究に用いたものと別の例を示した。
- (9) 反射率は村上色彩 K. K. 製の反射率計 GM-24 型による実測値を示す。
- (10) この化粧ボードは商品名をクレセントボードという。
 - (1) たたとえば、参考文献(5)では、日本人の成人の目の高さの計測値として、男子1,542mm、女子1,431mmとしている。筆者らの経験によると、縮尺模型による実験で現実感を出すためには目の高さの縮尺を模型の縮尺に揃えることが必要である。

Table 13 順位の検討 (実験 II)

質問	項目による検討		合計による検討
	段階 A	段階 B	段階 B
雰囲気	三波長域 白色 温白色	三波長域 昼光色 白色 温白色	三波長域 昼光色 白色 温白色
暖かさ感	温白色 白色 三波長域	温白色 白色 三波長域 昼光色	温白色 白色 三波長域 昼光色
調和感	三波長域 昼光色 白色	三波長域 昼光色 白色 温白色	三波長域 昼光色 白色 温白色
落ち着き感	三波長域 白色	三波長域 白色 昼光色 温白色	三波長域 昼光色 白色 温白色
明るさ感	昼光色 三波長域	三波長域 昼光色 白色 温白色	三波長域 昼光色 白色 温白色

(左側の方がより肯定的とする。)

- (12) 被験者の内訳は、男子大学生建築学専攻 19 名、電気工学専攻 2 名、女子大学生建築学専攻 1 名、その他 2 名である。出身地は東北地方から九州までにわたっているが、いずれも 4 年以上の中部地方での生活経験がある。本研究では、被験者の差による影響は特に認められなかった。
- (13) 実験に供した蛍光灯は、一般建築用として市販され、入手が容易なものである。それぞれの商品名は、昼光色 (D)、パルック (EL)、白色 (W)、温白色 (WW)、でいずれも松下電工 K.K. 製である。尚、予備実験では他社の製品の使用も試みた。
- (14) 参考文献(6)による。
- (15) 予備実験の結果では、昼光に対し人工光が気にならない状態の人工光のみによる作業面照度は約 300 lx であり、人工光をやや強く意識するのが約 600 lx であった。
- (16) 照度の測定は、実験の各ケースについて Fig.1 の平面図に示す 7 点で行なった。平均照度はこれらの単純平均である。均斉度は、この平均照度に対する各測点ごとに求めた全ケースの平均照度の最低値の比である。

照度の測定は英国メガトロン社、Megatoron Architectural Model Luxmeter (12点式照度計)、天空輝度の測定はミノルタカメラ販売、ミノルタ輝度計 nt-1° によった。色温度は、米国 Kollmorgen

社、SPECTRA TRICOLOR METER を用いた。天空輝度と色温度を、模型室の窓面において高度 10° 方向に測定した。

- (17) 予備実験では、若干の経持比較も試みたが、同時比較と大差ない結果を得た。
- (18) 研究全体のバランスを考えて、できるだけ簡単な統計手法を用いた。参考文献(7)参照。

参考文献

- (1) 中村洋 他：自然光と蛍光灯の光の色の調和に関する研究、日本色彩学会誌 4-3(1980) p.28
- (2) 中村洋 他：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 4-3(1980) p.30
- (3) 中村洋 他：視環境模擬実験装置の製作 (その 1, 装置の概要)、日本建築学会東海支部研究報告 18 (1980) p.115
- (4) 中村洋 他：視環境模擬実験装置の製作 (その 2. 調光と照明システム)、日本建築学会東海支部研究報告 18(1980) p.119
- (5) 日本建築学会編：建築資料集成 3 単位空間 I, 丸善, (1980) p.6
- (6) National 照明設計資料 '81, 松下電工K.K. (1980)
- (7) 寺田一彦 他：推測統計法, 朝倉書店, (1975)
(受付 昭和56年9月4日)