

〔原著〕 松本歯学 7: 87~94, 1981

積分球診療室の光学的研究  
第3報 積分球内 照度と疲労度について

橋口 緯徳, 谷内秀寿, 長野朱実, 宮川 崇, 伊比 篤  
松本歯科大学 陶材センター (主任 橋口緯徳 教授)

An Optical Study of an Integral Calculus Globe Clinic Room  
Third Report: On the illuminance within the integral calculus  
globe and the degree of fatigue

HIROYOSHI HASHIGUCHI, HIDETOSHI TANIUCHI, AKEMI NAGANO,  
TAKASHI MIYAGAWA and ATSUSHI IHI  
*Pocelain Center, Matsumoto Dental College*  
(Chief: Prof. H. Hashiguchi)

Summary

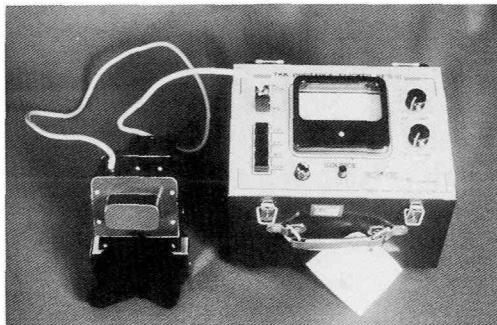
As a result of repeated experiments, it is clear that within the integral calculus globe, it is possible to obtain a homogeneous light which causes the least fatigue. After four persons had read some books for one hour per person inside the integral calculus globe clinic room, their degree of fatigue were measured by using the flicker fatigue-measuring instrument. Preceding this experiment, the four testees were tested three times daily, that is, every morning, daytime and night, by this flicker fatigue-measuring instrument for ten days, in order to know the type of their most efficient working hours, namely: morning-type, night-type etc, before the experiment was commenced.

- 1) The illuminance within the integral calculus globe clinic room model was 1950~2300 lx between 0~40 cm. The average illuminance at the position of 30 cm was 2180 lx.
- 2) The illuminance within the clinic room was 1720 lx when all circuits are on, 1026 lx in  $D_{65}$ +Daylight source of light, 1310 lx in A source of light+Daylight source of light, 1270 lx in A source of light+ $D_{65}$ .
- 3) The average standard deviation of flicker values were: Example A 0.99, Example B 0.95, Example C 1.18, Example D 1.38. Within the integral calculus globe clinic room model, there was no difference in fatigue before and after the operation.
- 4) The flicker value of one-hour reading within the integral calculus globe clinic room when the source of light was all circuit,  $D_{65}$ +Daylight, A Light+ $D_{65}$ , was +1.0~-1.2.

This shows that average difference is  $-0.3$  and proves little degree of fatigue. Compared to this, when reading is done on an office desk with just one source of light, the value is  $-0.5 \sim -2.5$ , which means that the average difference is  $-1.0$ . This indicates a strong fatigue when reading is done on an office desk. As a result of this, we may well assume that the integral calculus globe clinic room cause less fatigue.

1. は し が き

日常臨床にたずさわる歯科医にとって、口腔内の歯牙並びに粘膜の色調の変化を正確につかむことは言をまたない。また作業の要素の部分の濃厚な歯科診療室内において、長時間緊張した状態で作業を続けなければならない者にとって、疲労と環境は大変重要な因子である。そこで光の性質を調べる段階において、一様な完全拡散性の積分球の球面内に光源を置くと、球面上の1点における照度は、光源の直射照度と球面内の相互反射によって、球面上の位置に無関係に一定になることが判った。そこで私共は、基礎実験<sup>1)</sup>として、先に MODEL, SF. 65D—A 型と大型模型を作製し、実験したところ、積分球内の光源は光の反射により、 $2,000 \text{ lx}$  の均等な無影の光を得ることが判明した。ついで積分球診療室を設計製作し、照度を測ったところ<sup>2)</sup>、拡散された自然に近い影の出来ない日光の均一な軟らかい光を得る事が出来、演色性の良い日中の北窓の照度  $1,500 \sim 2,000 \text{ lx}$  の光を得る事が出来た。今回はフリッカー測定器(写1)を用い積分球模型、診療室内の眼による疲労度を測定し、照度と疲労度について観察して見た。

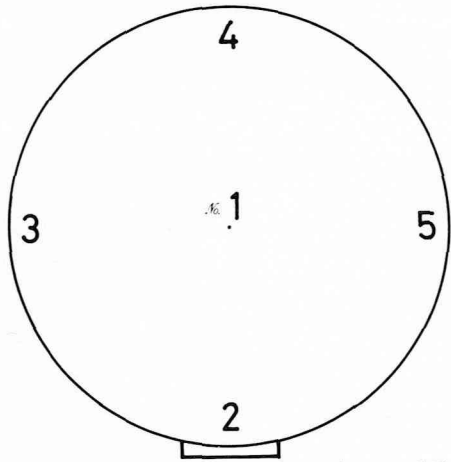


写1：T.K.K ポータブルフリッカー

2. 実 験 方 法

積分球診療室模型と積分球診療室内の照度は法

定照度計3284型で、疲労度は竹井機器 T. K. K. ポータブルフリッカー測定器を用い測定した。まず模型、診療室の照度は5ヶ所を選定し、模型においては  $10 \text{ cm}$  間隔で、診療室では全回路光源、 $D_{65}$  光源+昼光色光源、昼光色光源+A光源、 $D_{65}$  光源+A光源を点灯し  $30 \text{ cm}$  間隔で照度を測定した(図1)。



入口 (数字は測定位置を示す)

図1：積分球診療室内に於ける光の測定位置

疲労度は、各個人の4人の日常生活フリッカー正常値を朝、昼、夕と10日間測定し、その平均値を求めた。対照として、各積分球内で読書を1時間行ない<sup>3)</sup>、作業前と後のフリッカー値を3回求めて平均値を出した。また同じ条件のもとでナショナル製白熱灯スタンド(調光スイッチ付)の光により事務機の読書を1時間行ない、3回のフリッカー値を求め、平均値による比較検討を行った。

実験に用いた T. K. K. ポータブルフリッカー500は、交直両用電源型で、チラツキ値が大型メーター回転計により直読出来、チラツキの変化は高い方から自動的に減少するので、験者の測定個人差が僅かですむ。

仕様

1. チラツキ値  $20 \sim 50 \text{ c/sec}$  メーター直読式

2. チラツキ視野 500 lx 視角10度
3. 周囲視野 100 lx 視角10度
4. セクターによる点減比 1 : 1
5. 眼よりチラツキ視野までの距離 30 cm
6. 電源 DC 3V (平角5号) 2個

3. 実験成績

①積分球診療室模型の内壁に白ペンキを塗った時の照度は、1,600~3,000 lx 以上の間にあり、診療室における作業想定位置 90 cm に相当する 30 cm の所の照度は、1,650~1,980 lx の間にあり、平均は 1,866 lx であった(表1, 図2).

一方、内壁にルチールタイプ酸化チタン工業学

表1：積分球診療室模型の室内照度 (内壁に白ペンキ塗装)

位置 高さ(cm)	1	2	3	4	5
0	1760	1600	1800	1750	1650
10	1750	1600	1850	1830	1700
20	1850	1600	1900	1950	1800
30	1900	1650	1900	1980	1900
40	1960	1700	1800	1900	1700
50	2040	1750	1900	2150	1900
60	2200	1750	2500	2650	2700
70	2400	1800	3000 以上	3000 以上	3000 以上
80	2400	不可能	不可能	不可能	不可能

数字はLXをあらわす。

表2：積分球診療室模型の室内照度 (内壁にルチールタイプ酸化チタン工業学的白色塗装)

位置 高さ(cm)	1	2	3	4	5
0	2100	1950	2100	2100	2050
10	2150	2000	2150	2150	2100
20	2200	2000	2200	2200	2150
30	2250	2050	2200	2200	2200
40	2300	2200	2150	2100	2100
50	2450	2200	2250	2200	2300
60	2500	2250	2700	2700	2750
70	2550	2300	3000 以上	3000 以上	3000 以上
80	2550	不可能	不可能	不可能	不可能

数字はLXをあらわす

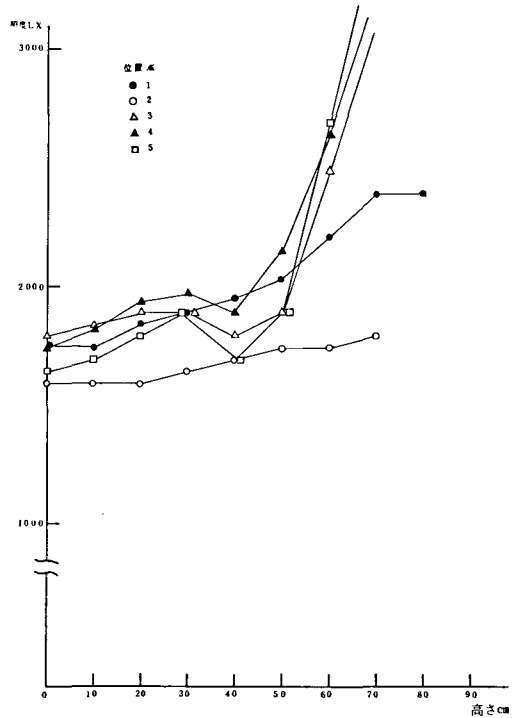


図2：積分球診療室模型の室内照度 (内壁に白ペンキ塗装)

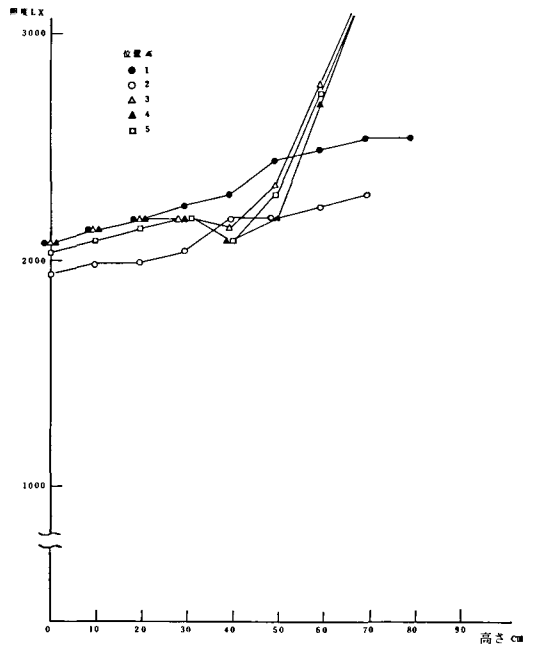


図3：積分球診療室模型の室内照度 (内壁にルチールタイプ酸化チタン工業学的白色塗料塗装)

的白色塗料を塗った時の照度は、1,900~3,000 lx 以上の間にあり、30cmの所の照度は2,050~2,250 lx の間にあり、平均は2,180 lx であった(表2, 図3)。

②積分球診療室における全回路点灯時の照度は、850~3,000 lx 以上の間にあり、診療位置 90 cmの照度は、1,600~1,800 lx の間にあり、平均1,720 lx であった(図4)。

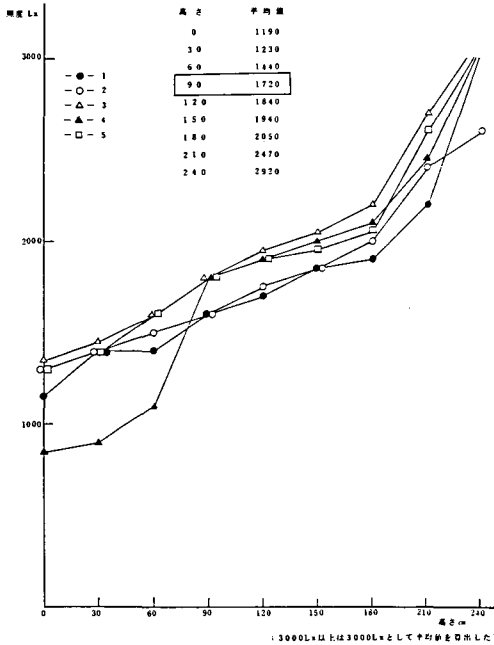


図4：積分球診療室の全回路点灯

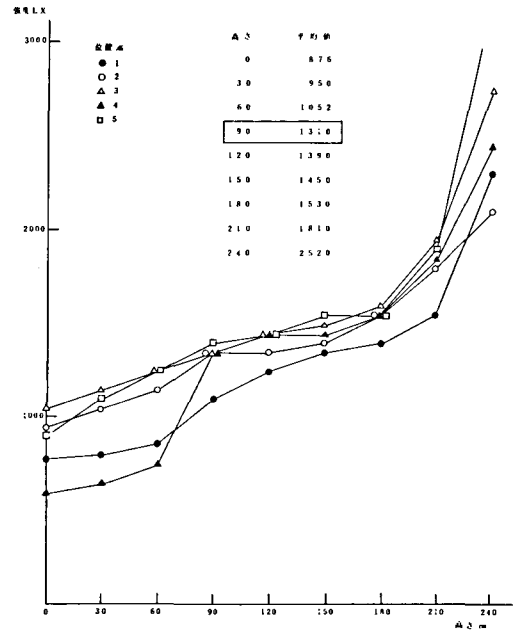


図5：積分球診療室の昼光色光源、A光源点灯

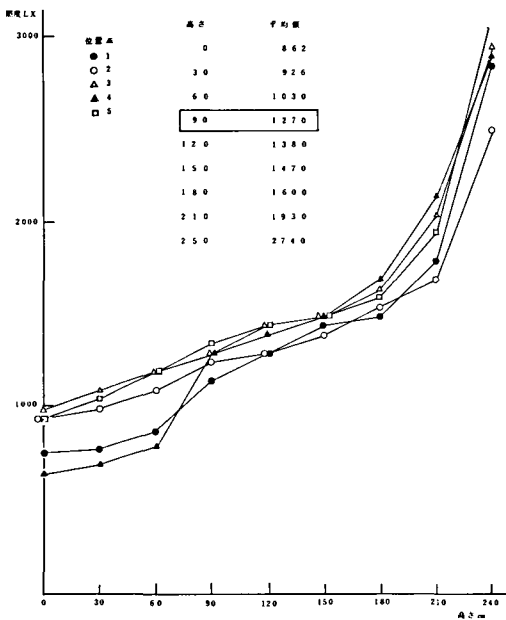


図6：積分球診療室のD<sub>65</sub>光源、A光源点灯

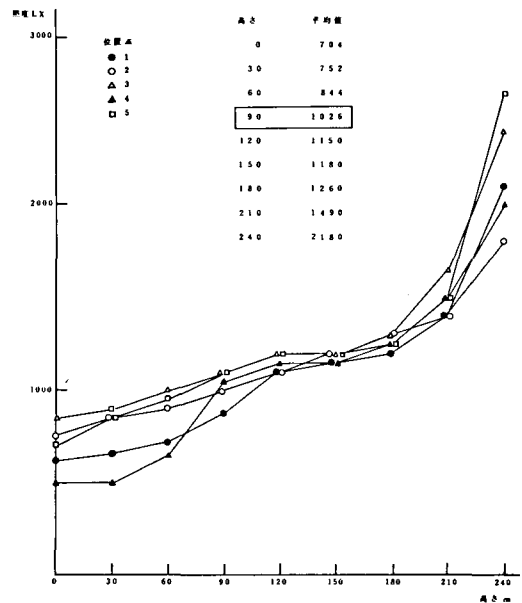


図7：積分球診療室のD<sub>65</sub>光源、昼光色光源点灯

昼光色光源+A光源点灯時における照度は、600~3,000 lx 以上の間にあり、90 cm での照度は、1,100~1,400 lx の間にあり、平均は 1,310 lx であった (図5)。

また D<sub>65</sub> 光源+A光源点灯時における照度は、650~3,000 lx 以上の間にあり、90 cm の所の照度は、1,150~1,350 lx の間にあり、平均は 1,270 lx であった (図6)。

D<sub>65</sub> 光源+昼光色光源点灯時においては、500~2,600 lx の間にあり、90 cm の所では、880~1,100 lx の間にあり平均 1,026 lx であった (図7)。

③Aにおける日常生活フリッカー値は、10日間において、43.3~47.7の間にあり、平均は45.6で標準偏差  $\sigma$  は0.99であった。朝は44.5~47.0の間にあり平均は45.5であり、昼は43.3~47.7の間にあり平均は45.8であり、夕は44.3~47.3の間にあり平均は45.6であった。一方Bでは、10日間において、44.2~48.0の間にあり、平均は45.7であり、 $\sigma$ は0.95であった。朝は44.5~47.0の間にあり平均45.9、昼においては44.2~48.0の間にあり平均45.6、夕は44.5~47.5の間にあり平均45.6であった。またCにおいては、43.3~48.0の間にあり、平均45.6、 $\sigma$ は1.18、朝は44.5~46.7で平均45.5、昼は44.7~47.8平均46.2、夕は43.3~48.0平均45.0であった。Dにおいては、36.0~42.2の間にあり、平均は38.1であり、 $\sigma$ は1.37であった。朝は36.0~39.7の間にあり平均は37.7、昼は36.2~41.7の間にあり平均は38.2、夕は36.0~42.2の間にあり平均は38.4であった (表3、図8)。

④積分球診療室模型 (ルチールタイプ酸化チタ

ン工業学的白色塗料塗装)の中に入った時のフリッカー値は、Aにおいて1.0下がり、Bで2.8、Cで1.8、Dで1.0それぞれ下がった。同様にして模型内の光源を直接光に変えた時では、Bにおいて2.0下がった。模型内とはほぼ照度を同一にした事務机上でのフリッカー値は、Aで0.5、Bで3.1、Cで1.8、Dで0.8下がった (表4)。

⑤積分球診療室におけるフリッカー値は、全回

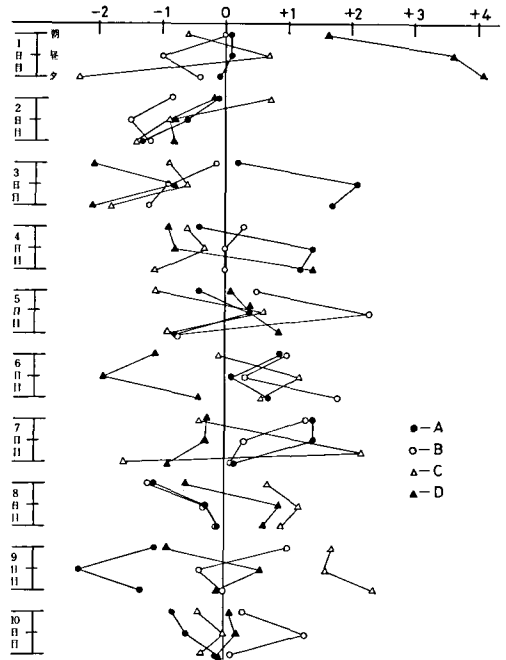


図8：フリッカー値の消長 (10日間)

表3：10日間におけるフリッカー値

		A	B	C	D
全体平均 (c/s)		45.6	45.7	45.6	38.1
標準偏差 $\sigma$		0.99	0.95	1.18	1.37
朝	平均	45.5	45.9	45.5	37.7
	$\sigma$	0.78	0.77	0.82	0.92
昼	平均	45.8	45.6	46.2	38.2
	$\sigma$	1.20	1.16	0.96	1.42
夕	平均	45.6	45.6	45.0	38.4
	$\sigma$	0.94	0.81	1.38	1.60

表4：積分診療室模型の照度と疲労度

条件		A		B		C		D	
		値	差	値	差	値	差	値	差
フリッカー平均値	朝	45.5		45.9		45.5		37.7	
	昼	45.8		45.6		46.2		38.2	
	晩	45.6		45.6		45.0		38.4	
積分球診療室模型	前	45.5		45.3		46.5		38.0	
	間接光後	44.5	-1.0	42.5	-2.8	44.7	-1.8	37.0	-1.0
積分球診療室模型	前			45.8					
	直接光後			43.8	-2.0				
事務机	前	44.7		45.8		46.3		39.0	
	後	44.3	-0.4	42.7	-3.1	44.5	-1.8	38.2	-0.8

2200LX

表5：積分球診療室の照度と疲労度

		1700LX							
条件	ケース	A		B		C		D	
		照度	差	照度	差	照度	差	照度	差
フリッカー平均値	朝	45.5		47.9		45.5		37.7	
	昼	45.8		45.6		46.2		38.2	
	晩	45.6		45.6		45.0		38.4	
積分球診療室	前	45.5		45.4		46.0		38.7	
	全回路後	45.3	-0.2	45.3	-0.1	46.3	+0.3	38.5	-0.2
積分球診療室	前	45.2		45.3		46.3		37.5	
	D65, 昼光色点灯後	45.3	+0.1	44.3	-1.0	45.7	-0.6	37.7	+0.2
積分球診療室	前	44.3		44.8		44.3		39.3	
	A光源, 昼光色点灯後	43.1	-1.2	44.3	-0.5	43.2	-1.1	38.2	-1.1
積分球診療室	前	44.3		45.3		44.8		38.3	
	A光源, D65点灯後	44.3	+0	44.8	-0.5	44.3	-0.5	39.3	+1.0
事務機	前	45.8		45.8		45.3		38.3	
	後	45.3	-0.5	43.3	-2.5	44.8	-0.5	37.7	-0.6

路点灯時で、Aで0.2、Bで0.1、Dで0.2下がり、Cにおいては0.3上がった。D<sub>65</sub>光源+昼光色光源点灯時においては、Aで0.1、Dで0.2上がり、Bで1.0、Cで0.6下がった。A光源+昼光色光源点灯時においては、Aで1.2、Bで0.5、Cで1.1、Dで1.1下がった。またA光源+D<sub>65</sub>光源点灯時においては、Bで0.5、Cで0.5下がり、Dで1.0上がり、Aにおいては変化がなかった。積分球診療室全回路点灯時とほぼ同一の照度にした事務機においては、Aで0.5、B2.5、C0.5、D0.6下がった(表5)。

#### 4. 考 案

眼の疲労から歯科医を守る事は、とりもなおさず、質の良い診療を患者に与えられる大切な要因である。この事はかねてより常識的にも、またたずさわる歯科医の経験的判断からも自明の理である。望ましい、少しでも良質の光をの要望は、決して無かったわけではない。しかるに他の分野の研究が進む程には、歯科医をとり囲む光の環境、使用する光源に対する研究、あるいはその光をより効率良く使用する反射を含めての検討は、せいぜい無影灯が作り出された程度のもので、最も放置されたままであった。現段階において他の研究が尽くされ、あるいは暗礁のりあげたかにみえる現時点で、改めてこの問題が脚光をあびるべく順序だてられたかに見えるのである。積分球診療室はこうした問題への試作として作られたので

ある。

照度と眼の疲労については、フリッカー値の低下、視力低下、視認距離の変化等の事から密接な関係にある<sup>4)</sup>と考えられる。そこでまず疲労というものを考えてみた。疲労の定義については多くの学者によって定義付けられているが、産業労働委員会<sup>4) 5)</sup>によると「疲労とは人間の一つの状態変化を示すものであって、生体内に生ずる自覚的な症状、客観的に把握できる生体変化、または仕事の能力の低下などから抽象化した一つの抽象的概念である」とされている。すなわち疲労は直接計測の対象とならないわけだが、状態変化に対しての正常な状態とはどういう状態であるのかは定かでない。しかし生体は一つの適応制御系であるため、適応レベルをもち、また24時間を1周期とする生理的リズムをももっている。生体における疲労測定法には、体重、反応時間、体温、脈拍、血圧<sup>6)</sup>、血液唾液のpH、血液唾液のCO<sub>2</sub> 抱容能<sup>7) 8) 9)</sup>等があり、特に眼の疲労測定法には、まばたき回数、視力、フリッカー値、調節近点距離、調節持続時間、光反応時間等の測定諸項目があると報告されている。この中で、フリッカー値においては、24時間を周期とする生理的リズムを表わし、脳波や口内温度との関係においても相関関係を示す。ただ現時点において、フリッカー値の持つ意味ははっきりしていない。しかしフリッカー値は意識のレベルであり、これを Vitality level と考え、フリッカー値の動態を分析する事により、疲労の判定が行なえると考えられる。

この度積分球診療室を利用して、目の疲労ということ、少しでも科学的に数値的に目に見える形にしてとらえてみようと思ひ、疲労度を測るフリッカー測定器を用いてみた。フリッカー値というのは、点滅する光を一定条件のもとに注視し、連続した光に見えるか、ちらついた光に見えるかの境界における点滅の回数を cycle per second で表わしたものである。この点滅の回数の変化が疲労と関係することを利用し疲労の評定に利用するわけである。この値は網膜から視神経を通り視覚中枢にいたる全視覚系統の興奮性を示し、大脳機能の興奮性、緊張度の一指標として、その変化を中枢疲労の評定に利用するものである<sup>10)</sup>。

そこで今回は1時間読書により疲労度をフリッカー値を通して調べてみた。このフリッカーで、

4人の人間を1時間読書させ、その読書を始める前と、1時間読んだ後に数値を測った。この結果は表4・5に示す通りである。

この実験以前に、各個人の普段の数値、日常その人間の平均値を知るために各人に、1日朝、昼、夕の3回継続して10日間フリッカー値を測った。この結果、Bは朝から昼、夕と序々にフリッカー値が下がり、右下がりのなだらかな直線を示した。Cは昼まで上昇、夕が最も低く昼頃を頂点とした山形直線を描いた。Aはだんだん上昇し、夕が最も高く右上がりの直線を形成した。あとの1人Dは昼まで朝からなだらかに上昇し、それ以後夕まで上昇率は減るものの序々に登る形をとった。考えるに、後の2人は夜型人間ともいべき夜に強いタイプの人間であり、夜の方がまとまった仕事が出来た人達であった。4人のみではまとまった結論は得られないが、1つの試案として提供したい。

また4人の人間に積分球診療室内で1時間本を読み、この他に普通の事務机にて白熱燈スタンド点燈で1時間読書して、この両方のフリッカー値を比較してみた。まず積分球模型の中に入る前と、1時間模型内で読書した後のフリッカー値を測定した。積分球診療室においては光源を全回路、D<sub>65</sub>光源+昼光色光源、D<sub>65</sub>光源+A光源、昼光色光源+A光源の4種類に変化させて、読書によるフリッカー値の変動を見た。積分球模型並びに積分球診療室においては、少しの疲労もなく、事務机におけるこの数値との比較において、いくらかの差が見られたが、疲労度は殆んど見られなかった。

## 5. 総 括

①積分球診療室模型の室内照度は0~40 cmの間で1,950~2,300 lxの間であり、30 cmの位置で平均2,180 lxであった。

②積分球診療室の室内照度は全回路点燈にて1720 lx、D<sub>65</sub>+昼光色光源で1,026 lx、A光源+昼光色で1,310 lx、A光源+D<sub>65</sub>点燈で1,270 lxであった。

③平均のフリッカー標準偏差値は、Aで0.99、Bで0.95、Cで1.18、Dで1.38であった。

④積分球診療室模型における作業前と後の疲労度の差は認められなかった。

⑤積分球診療室の1時間の読書が全回路、D<sub>65</sub>+

昼光色、A光源+昼光色、A光源+D<sub>65</sub>点燈において、フリッカー値は+1.0~-1.2の間にあり、その差の平均は-0.3であり、ほとんど疲労度を示さないのに比し、事務机に光源1つの状態で読書してもらった場合-0.5~-2.5、平均-1.0と事務机ではやや疲労度が強く現われている。この結果、積分球診療室の照度は疲労度を少なくする効果があったと考える。

## 参 考 文 献

- 1) 橋口緯徳(1980)積分球標準光源に関する研究。松本歯学, 6:179-188.
- 2) 橋口緯徳, 田村 陸, 坂口賢司, 長野朱実, 神津 瑛(1980)積分球診療室の光学的研究, 第1報 積分球診療室の作製とその照度について。松本歯学, 6:189-202.
- 3) 鈴木昭弘, 谷口正子, 寺田邦昭, 水谷 晃(1973)PEAGによる調節機能の研究。臨床眼科, 27:339-347.
- 4) 大島正光(1979)疲労の研究。同文書院, 東京.
- 5) 大島正光(1971)疲労。新生理学(下巻)748-753。医学書院, 東京.
- 6) 猪飼道夫(1970)疲労。生理学大系, 9:937-972。医学書院, 東京.
- 7) 橋口緯徳, 田辺 明(1951)弗化物経口投与が唾液 pH と血液炭酸抱容能に及ぼす影響について。第1報 歯科学報, 51:218-221.
- 8) 橋口緯徳(1953)弗化物経口投与が唾液 pH と血液炭酸抱容能に及ぼす影響について。第2報 歯科学報, 53:809-815.
- 9) 橋口緯徳, 石塚達雄, 畑 孝肇, 田中勝雄, 芦沢 悠, 矢ヶ崎康, 西尾宏英, 河江力男, 田辺 明(1957-1958)血液および唾液の CO<sub>2</sub> 抱容能と Caries activity との関係について。第1報. 57:83-87, 第2報. 58:367-369, 第3報. 58:409-412。歯科学報.
- 10) 三田俊定(1967)フリッカー。生理学大系, 6:127-138。医学書院, 東京.
- 11) 日本産業衛生協会・産業疲労委員会編(1952)産業疲労検査の方法。労働科学研究所, 東京.
- 12) 長屋信美, 西川清八, 松島周蔵, 山賀岑郎(1970)産業衛生。建帛社, 東京.
- 13) ボール・ジョシヤール(内蘭耕二訳)(1957)疲労。白水社, 東京.
- 14) 池田光男(1975)視覚の心理物理学。森北出版, 東京.
- 15) 金子隆芳(1978)色の科学。みすず科学ライブラリー, 4, 東京.
- 16) 川上元郎(1978)色の常識。日本規格協会, 東京.
- 17) 大山松次郎(1980)新編照明講義案(第2版)。オーム社, 東京.

- 18) 照明学会編 (1979) Lighting Handbook. オーム社, 東京.
- 19) 角取猛司 (1978) 照明設計の実際と考え方. 東京電機大学出版局, 東京.
- 20) Wyszecki, G. and Stiles, W. (1967) Color Science. John Wiley & Sons, New York.
- 21) Wyszecki, G. (1970) Development of New CIE standard Sources for Colorimetry. Farbe, 19: 43.

## 橋口他, 論文正誤表

○ 6 卷78頁, 表7の中間に ( $\phi 1\%$ ) を追加。

○ 6 卷179頁,  $\ln \left( \frac{1 + \sqrt{a^2 + b^2 - a^2 b^2}}{1 + \sqrt{a^2 + b^2 - a^2 b^2}} \right) \rightarrow \ln \left( \frac{1 + \sqrt{a^2 + b^2 - a^2 b^2}}{1 - \sqrt{a^2 + b^2 - a^2 b^2}} \right)$

“本論文の要旨は第10回松本歯科大学会例会 (昭和55年6月14日) において発表された” に訂正する。

○ 6 卷188頁, 左上から9行目,  $D_s \rightarrow D_{ss}$