

積分球診療室の光学的研究
第4報 積分球内壁の色による照度と疲労度並びに
心理的観察について

橋口緯徳, 長野朱実, 伊比 篤,
宮川 崇, 谷内秀寿

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
Fourth Report : On the change and the psychological observation of
the illuminance and the degree of fatigue by the
color of the inner wall of the integral calculus globe

HIROYOSHI HASHIGUCHI, AKEMI NAGANO, ATSUSHI IHI,
TAKASHI MIYAGAWA and HIDETOSHI TANIUCHI

*Porcelain Center, Matsumoto Dental College
(Chief: Prof. H. Hashiguchi)*

Summary

This time, an experiment was carried out using a model of the integral calculus globe in order to find the most fitting color for the inner wall of the clinic room. By repainted inside the model nine times with each different color every time, the illuminance and the degree of fatigue after reading some books, the flicker value, were measured and its psychological effect and influence were investigated.

- 1) Regarding the illuminance of the operating position, the rutile type oxidized Titan industrial white color 2250 lx indicated the highest value and the violet 28 lx was the lowest. To give its order from high to low, the result was the following ; the rutile type oxidized Titan industrial white color, the lemon yellow, the silver, the gold, the orange, the red, the green, the cobalt blue, and the violet.
- 2) The color which gave the least fatigue was the gold -0.02, next to the silver, the red, the orange, and no differences among the others were recognized.
- 3) A little difference were perceived in each color between the impressions of the samples and of experiment being conducted within the model.
- 4) The rutile type oxidized Titan industrial white color indicated high value on the

diffused reflection and was the highest in the illuminance inside the integral calculus globe. Feeling nothing special in temperature and as the four persons did not have any particular impression on the white color, it may be considered that it is natural to fit for and, well be assumed that the feeling of its cleanliness given by that color is also the most suitable for a dental clinic room.

1. はし が き

私共は先に積分球模型において、いろいろな基礎実験¹⁾を行ない、その結果積分球で高い照度の柔らかい均等光を得られる事が可能であると判明した。そこで積分球診療室を作製し、標準光源 D_{65} , 昼光色, A, 全回路における照度を測定し²⁾, 診療室, 技工室との照度の違いを比較検討³⁾してみた。次いで積分球診療室と一般室内での照度と疲労度について測定した⁴⁾。この度は積分球診療室に塗装した色とそれぞれの照度と, それらが内部で仕事を行なう人間に与える, 明度, 色相における疲労度と心理的影響を調査し, 塗装された内

壁色彩の持つ特性の中から診療室に最も適しているのはどんな色であるかを知らうとして実験を行なった。即ち積分球のミニチュアの内壁をターナー製の塗装材料でその都度塗りかえ, 照度を測定4名交替で読書した。

2. 積分球模型の設計

〔仕様〕室内寸法一床は直径 1,400 mm, 広さが 1,767 m², 高さは中央部で 1,000 mm, この模型は積分球診療室の約1/3の大きさで, 内壁の表面積は 1/9であり (図1), 床はベージュ系Pタイルである。

〔照明光源〕①光源反射板, 11基 ②ランプの種類, ミニ電球25Wと白色蛍光灯6Wを使用。

〔内壁塗装材料〕ターナー色彩製ネオカラー, 色はレッド (Rと略), オレンジ (O), レモンイエロー (L), グリーン (G), コバルトブルー (C), バイオレット (V), シルバー (S), ゴールド (GO), 他に関西ペイント製ルチールタイプ酸化チタン工業学的白色 (LU) の9色を使用した。

3. 実験方法

照度—内部5ヶ所を (図2), 床から 10 cm 間隔で測定した。

なお測定には横河電機製の法定照度計3284を使用した (写1)。

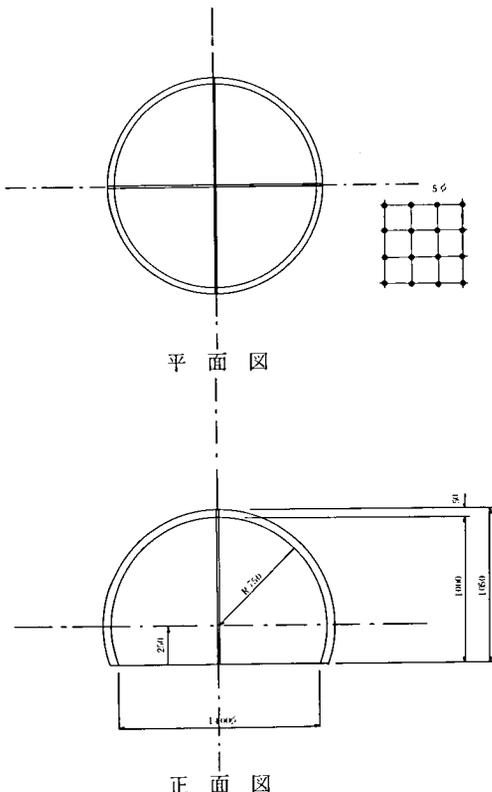


図1：積分球模型

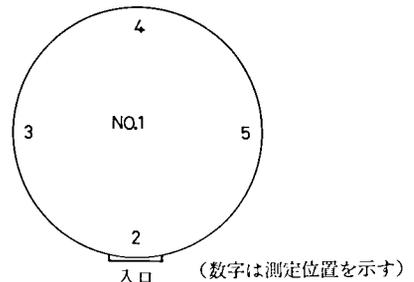


図2：積分球模型における光の測定位置 (数字は測定位置を示す)

疲労度—竹井機器製の T. K. K. ポータブルフリッカーを使用しフリッカー値を測定した(写2).

積分球模型に入る前のフリッカー値を3回測り、模型内で1時間読書した後再び3回測定して、平均を出しその差を求めて作業変動率を算出した。心理的観察は実験者の感想をもとにアンケートを取り考察した。

4. 実験成績

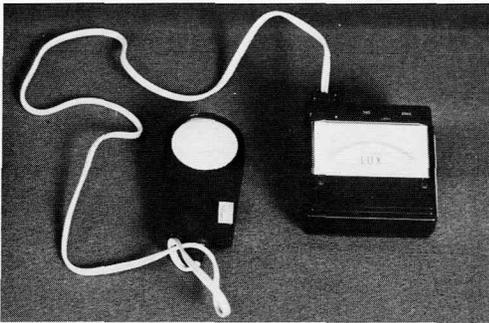
(1)照度 R塗装においては 125~620 lx の間に

あり、作業位置にあたる 30~50 cm の間では 155~240 lx の間にあって、平均 186 lx であった(図3)。

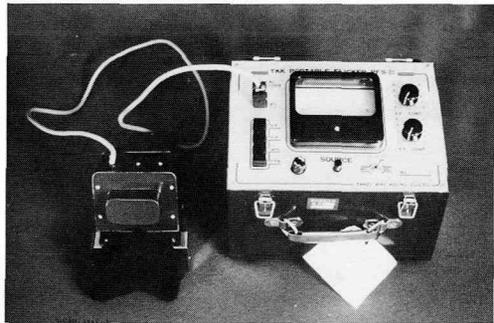
O塗装においては 320~1,750 lx の間にあり、作業位置では 360~560 lx の間にあって平均 460.7 lx であった(図4)。

Lにおいては 1,550~3,000 lx 以上の間にあり、作業位置では 1,700~2,200 lx の間にあって、平均 1,946.7 lx であった。但し 3,000 lx 以上の場合は 3,000 lx として算出した(図5)。

G塗装では 95~960 lx の間にあり、作業位置で



写1：法定照度計



写2：T. K. Kポータブルフリッカー

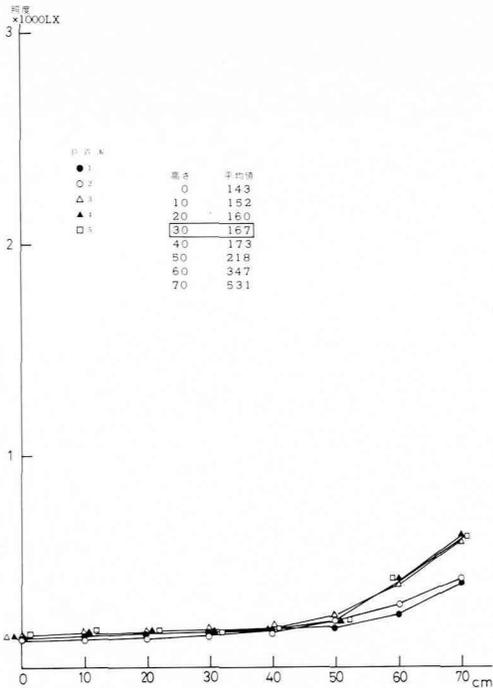


図3：積分球模型内の照度 R塗装 (赤系 6R 3.7/15) (数字はマンセル記号)

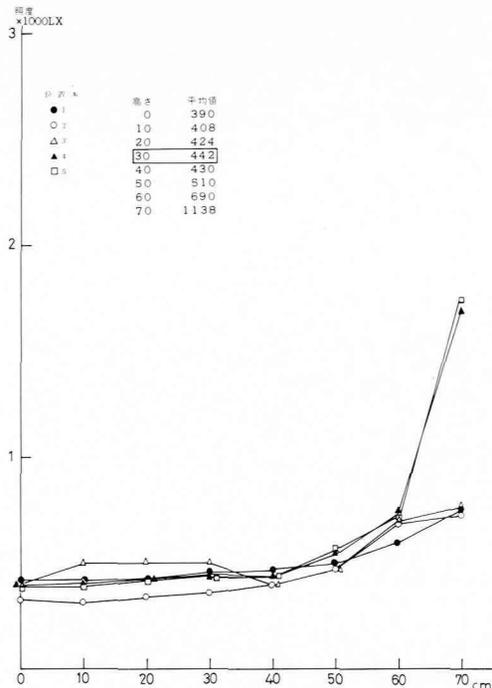


図4：積分球模型内の照度 O塗装 (黄赤系 10 R 5.3/15) (数字はマンセル記号)

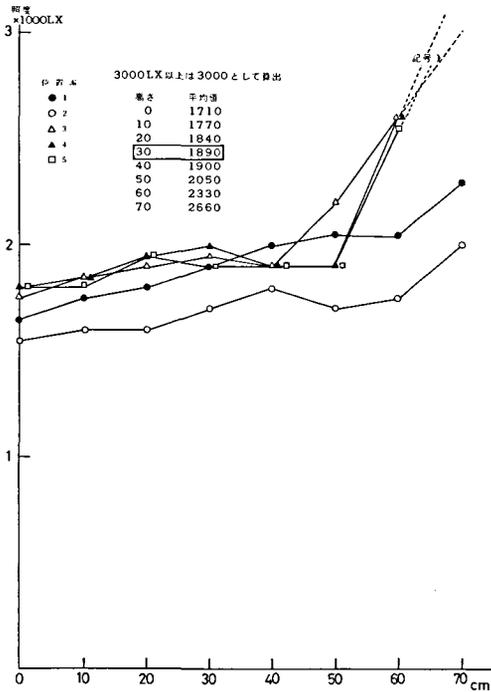


図5：積分球模型内の照度 L塗装（黄系 10Y 9.2/11）（数字はマンセル記号）

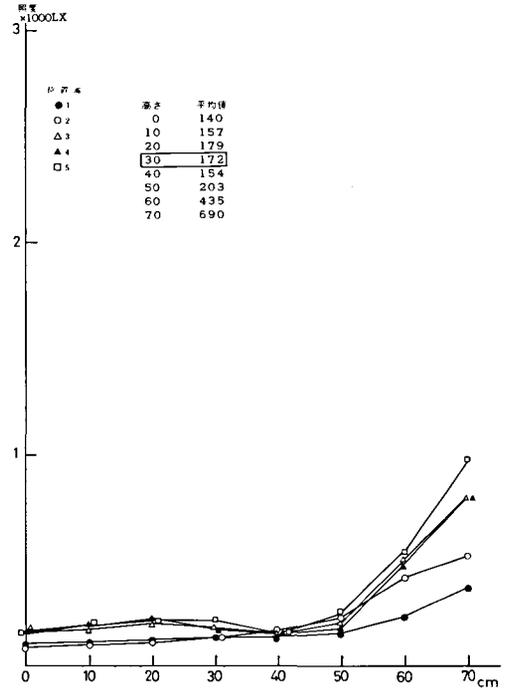


図6：積分球模型内の照度 G塗装（緑系 5G 4.5/10）（数字はマンセル記号）

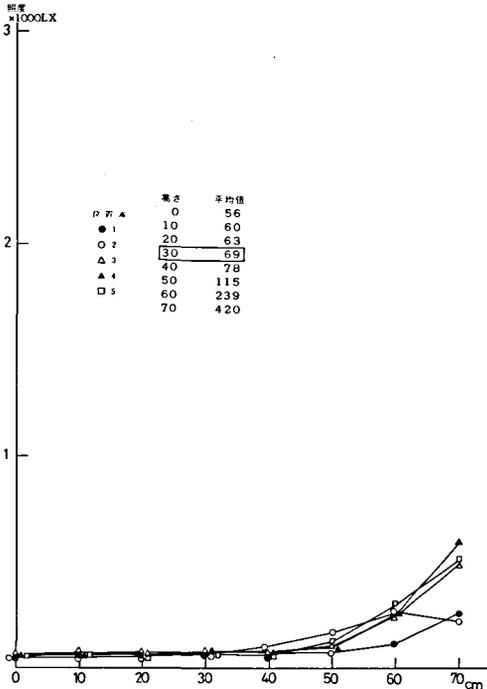


図7：積分球模型内の照度 C塗装（青系 7PB 3.7/17）（数字はマンセル記号）

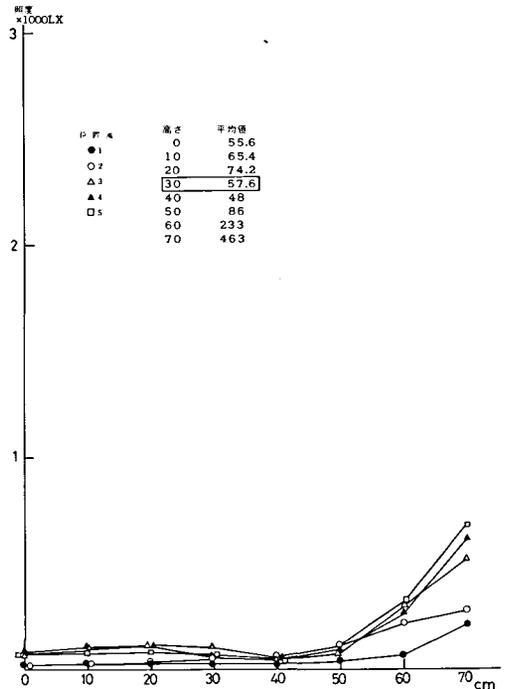


図8：積分球模型内の照度 V塗装（紫系 10PB 2.0/11）（数字はマンセル記号）

は 140~240 lx の間にあって平均 176.3 lx であつた (図 6)。

C 塗装では 50~510 lx の間にあり、作業位置では 65~125 lx の間にあって、平均 87.3 lx であつた (図 7)。

V 塗装では 23~680 lx の間にあり、作業位置では 28~115 lx の間にあって、平均 63.9 lx であつた (図 8)。

LU では 1,950~3,000 lx 以上の間にあり、作業位置では 2,050~2,450 lx の間にあって平均 2216.7 lx であつた (図 9)。

S では 670~2,050 lx の間にあり、作業位置では 670~1,300 lx の間にあって平均 1,038.7 lx であつた (図 10)。

GO では 520~2,200 lx の間にあり、作業位置では 530~1,150 lx の間にあって、平均 930.7 lx であつた (図 11)。

(2) フリッカー値

それぞれの色彩の変化による積分球模型内の作業疲労度を測定してみると (表 1) のようになった。

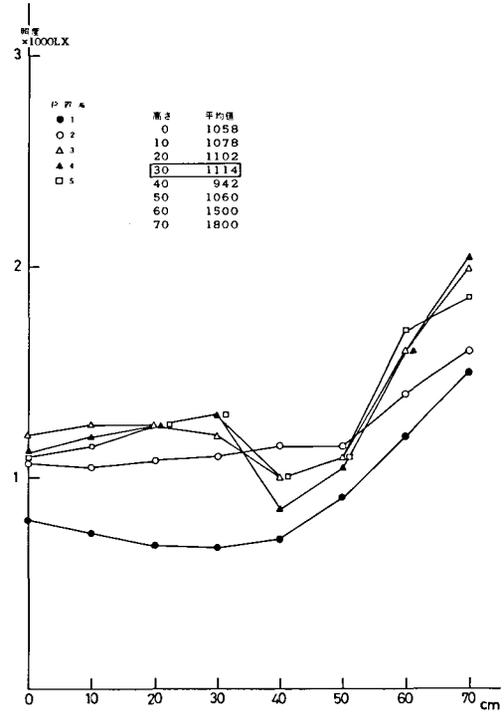


図10: 積分球模型内の照度 S 塗装 (銀系)

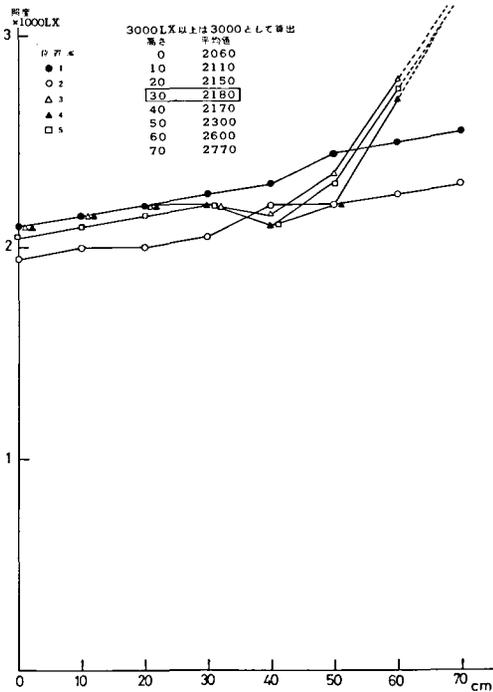


図 9: 積分球模型内の照度 LU 塗装 (ルチールタイプ酸化チタン工業学的白色)

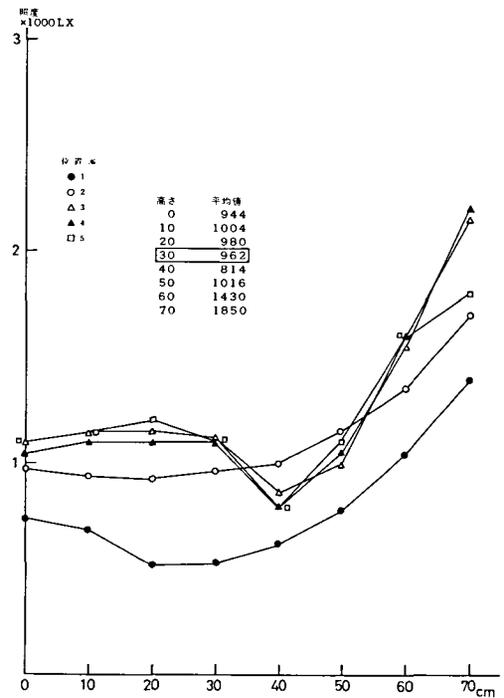


図11: 積分球模型内の照度 GO 塗装 (金系)

R塗装時におけるフリッカー値の差は-0.4~-0.7の間にあり、平均-0.525であった。

O塗装においては+0.1~-1.8の間にあり、平均-0.625であった。L塗装では-0.2~-2.2の間にあり平均-1.075であった。G塗装では-0.9~-2.1の間にあり、平均-1.5であった。C塗装では-0.7~-2.1の間にあり、平均-1.275であった。V塗装では-0.8~-1.7の間にあり、平均-1.325であった。LU では-1.0~-2.8の間にあり、平均-1.65であった。Sでは+0.5~-1.3の間にあり、平均-0.425であった。GO では+1.2~-0.6の間にあり、平均-0.05であった。次に以上の実験値から作業変動率を算出して見た(表2)。

R塗装では-1.02~-1.50の間にあり平均-1.17であった。O塗装では0.22~-4.44の間にあり、平均-1.49であった。L塗装では-0.43~-4.81の間にあり、平均-2.39であった。Gでは-1.95~-5.34の間にあり、平均-3.45であった。Cでは-1.45~-4.49の間にあり、平均-2.84であった。Vでは-2.05~-3.70の間にあり、平均-2.96であった。LU では-2.20~-6.18の間にあり平均-3.72であった。Sでは1.11~-3.49の間にあり、平均-1.08であった。GO では2.63~-1.31の間にあり、平均-0.02であった。

(3)心理的観察

①温度感はR, Oが暖かく、少し暖かく感じたのはL, GOでLUにおいては感じ得なく、Sは少し寒く、Cは寒い感じであった。②光で最も明る

表1：積分球模型内における色別フリッカー値

色	ケース 条件	A		B		C		D	
		値	差	値	差	値	差	値	差
R	作業前	46.7		46.5		45.5		39.2	
	作業後	46.0	-0.7	46.0	-0.5	45.0	-0.5	38.8	-0.4
O	作業前	46.2		46.5		46.3		40.5	
	作業後	46.3	+0.1	46.2	-0.3	45.8	-0.5	38.7	-1.8
L	作業前	47.0		45.7		46.2		40.3	
	作業後	46.8	-0.2	43.5	-2.2	45.0	-1.2	39.6	-0.7
G	作業前	45.7		46.2		46.5		39.3	
	作業後	44.7	-1.0	45.3	-0.9	44.5	-2.0	37.2	-2.1
C	作業前	45.2		46.8		45.5		39.5	
	作業後	43.7	-1.5	44.7	-2.1	44.8	-0.7	38.7	-0.8
V	作業前	46.3		46.0		45.5		39.0	
	作業後	44.7	-1.6	44.3	-1.7	44.3	-1.2	38.2	-0.8
LU	作業前	45.5		45.3		46.5		38.0	
	作業後	44.5	-1.0	42.5	-2.8	44.7	-1.8	37.0	-1.0
S	作業前	45.0		46.3		45.0		37.3	
	作業後	45.5	+0.5	45.2	-1.1	45.2	+0.2	36.0	-1.3
GO	作業前	45.7		44.1		45.8		40.3	
	作業後	46.9	+1.2	44.0	-0.1	45.2	-0.6	40.0	-0.3

(ケースA~Dは被験者)

表2：積分球模型内におけるフリッカー作業変動率

ケース 色	A	B	C	D	平均	照度 Lx
R	-1.50	-1.08	-1.10	-1.02	-1.17	165
O	0.22	-0.65	-1.08	-4.44	-1.49	460
L	-0.43	-6.81	-2.60	-1.74	-2.39	1900
G	-2.19	-1.95	-4.30	-5.34	-3.45	140
C	-1.32	-6.49	-1.45	-2.03	-2.84	65
V	-3.46	-3.70	-2.64	-2.05	-2.96	28
LU	-2.20	-6.18	-3.87	-2.63	-3.72	2250
S	1.11	-2.38	0.44	-3.49	-1.08	670
GO	2.63	-0.23	-1.31	-0.99	-0.02	530

ケースA~Dは被験者、照度は作業位置中央床から30cmの所

作業後のフリッカー値 × 100 (%) - 100 = フリッカー作業変動率
作業前のフリッカー値

表3：色の一般的な感情と被験者の感想との比較

	色の一般的な感情	被験者の感想		
		明暗感	温度感	心理的効果と印象
R	情熱, 活気, 興奮	少し暗い	暖	刺激的であり、時間が長く感じる
O	陽気, 喜楽, 嫉妬	少し明るい	暖	思ったよりも読みやすかった
L	陽光, 希望, 快活	明るい	少し暖	文字は鮮明であるが目がちらついた
G	平和, 成長, 理想	少し暗い	中性	安息的であった
C	沈着, 理性	暗い	寒	静かな感じであった
V	高貴, 優雅, 神秘	大変暗い	中性	暗く陰湿で読みづらく色別出来ない
LU	(白)清浄, 神聖, 清潔	大変明るい	感じ無し	印象なし(自然感), 違和感がなかった
S	壮健	少し明るい	少し寒	少しぎらつく金属感があった
GO	富貴, 豪華	少し明るい	少し暖	柔らかい感じで明るさのわりに読みやすかった

かったのは LU で次いで L, S, GO が明るく, R, G, C, V は暗かった。③刺激的に強い作用を示したのは R, O で沈静的な色は G, C であった。④ LU は自然感があり違和感がなかった(表 3)。

5. 考 案

積分球の色は光源から出たいろいろな波長の可視光線が壁に当たり反射して人間の眼の網膜に感受される。その際壁の色によりある波長の光は吸収,あるいは反射し積分球内の照度を変える。白色系の LU は吸収が少なく反射される光が多く, R, V はその波長の関係で吸収が多く照度が下がる。歯科診療は精密作業的要素が非常に多く高い照度を必要とする。また色彩に関しても重要で,例えば患者の歯の色に関する問題,診断する場合の粘膜や唇,皮膚の色についての正しい認識の必要があるので内壁の色は良く考慮する事が大切である。また疲労度との関係は光の量,網膜細胞の感受によっても変化するのではないかと思われる。そこで一般的にいわれている色の持つ感情と今回の実験で被験者達が感じた色に対する印象をまとめてみた。一般的な色の感情はその色とそれらから連想される具体的な物とが結びついて出て来ているものが多いと思われる。まず R については炎,血液の色から情熱,活気,誠心,闘争を表わす。積分球模型の内壁に塗装した実験における場合は,光の吸収が多いため暗くなり,読書しづらくなった。壁面の色自体は色見本を見た時よりも明度は高くなり彩度は下がった色あいに見えた。大変刺激的な感じであり,時間が長く感じた。又実験後模型から出ると白色系の室内の壁の色が積分球模型の内壁の色と補色関係にある青緑をおびた色に見えた。これは模型内の赤色の網膜細胞が疲れており,しばらくそれが正常にもどるまでの間,青緑のみの刺激を感じるためであると思う。この現象は有彩色の模型に入った時はいつも現われ,刺激の強さにより正常にもどるまでの時間が違うと思われる。R は特に刺激的で強い興奮性があり,不安をつのり神経の緊張を増す傾向にあるので歯科診療には不向きである。O は灯火などの連想から陽気,喜楽等を表わし, R と同様な性質を持つが, R よりも刺激性は少なく,模型内では柔らかな光で R に比較し反射が多く照度はやや高く入室前を見た感じよりも読書しやすい環境で

あった。L は陽光,太陽を表わす。希望,快活等の意味を持ち,模型内では吸収よりも反射が多く照度は高い。網膜に明瞭な焦点をむすび文字は鮮明に見えるがチカチカして眼がちらつき疲れた感じがした。しかし,子供に好かれる色で欧米ではこの系統の色が小児歯科に良く使用されている。

G は樹葉や草を連想させ,平和,成長,慰安,理想,永久等を意味する。模型内での温度感は中性,光の吸収が多く暗くなり,安息的であった。C は水,空を連想させ, R の情熱に対し理性を表わす。沉着,冷淡,真実を表わす。模型内での反射は少なく,やはり暗くなった。温度感はずっと寒く,静かな感じであった。V は高貴,謹厳,優雅,優美,神秘を表わし古今東西において高位の色とされてきた,生理的には中性であり視認性,注目性共に悪い。模型内においては温度感はずっと中性であるが,光の吸収が多く大変暗くなった。そのため陰湿である。壁自体の色は色見本を見た時よりも明るい赤紫色に見えた。文字の判読は難しく,色版の色もあまり感じられず,白黒写真の様に見えた。LU は無彩色(白色 W)である。W は一般的に混じりものが無いという感じから潔白,素朴,神聖,純潔,清浄を意味する。LU の模型では吸収がほとんど無く積分球内の等乱反射率が高く最も明るい均等な柔らかい光を得る事が出来た。また温度感がなかった。四人共通の意見としては他の色にみられる様な強烈な印象が残っていないという事であり,この事から自然感があり,違和感が無く感情が無いため気持ちの安らぎを覚えた。また清潔感もあり衛生を主とする診療室には最も適している様に思われる。S は少しギラギラする金属感があり,少し寒い感じであった。GO は柔らかい感じで読書しやすかった。S, GO とともに少し明るく,他の色と違って中央部よりも壁際の方で照度が高くなった。この事は金属的なので壁際の不規則な乱反射があるためと思われる。GO の方は少し暖かい感じがあり,重量感を覚えた。疲労度について見ると読書前と後におけるフリッカー値の差は各色ともほとんど変化が見られなかったが,作業変動率におきかえると GO の数値が最も少なく LU が最も大きい数値を示した。この事は壁の色による照度の変化により影響されるのではないかと思われる。歯科診療室の照度は歯科医師の機能を十分に発揮できる様に設計されるべきであり,生活的

要素の多い普通の部屋より、作業的要素の多い歯科診療室は全般的に照度は多く取らねばならない。従って、読書における照度とは異なる。読書のみについて考えると照度は2,000 lx 以上においてはかえって疲れやすく、1,000 lx 以下の場合で比較すると照度が高い程疲れにくいというデータも出されている⁵⁾。また模型が人間に比較して大変狭く、照明光源による温度上昇や換気の事柄を考慮し得なかった事等疲労度を増す要因となる条件も加わっていたと思われる。しかしながら同一照明光源でありながら内壁の色の変化によってこのようにも積分球内の照度が変化するという事は興味ある事実であった。以上をまとめて考えてみると読書の疲労度と、精密さを要求される歯科診療における疲労度とは必ずと根本的差違が考えられる。ところが積分球内での各色彩における読書の疲労度の差はマイナス要因があったにもかかわらず、本実験上では僅少であった。そこで歯科診療行為に最も必要な照度や色合わせの点と対比し、また清潔感、自然感、違和感の心理的要因に重点を置くならば今回の実験結果の中では積分球内 LU 塗装が最も歯科診療に適している色彩ではないかと思ふ。

6. 総 括

①照度の平均値が最も高い値を示したのはルチールタイプ酸化チタン工業学的白色で2,216.7 lx あり、最も低い値を示したのはバイオレットの63.9 lx であった。高い順に上げると、ルチールタイプ酸化チタン工業学的白色、レモンイエロー、シルバー、ゴールド、オレンジ、レッド、グリーン、コバルトブルー、バイオレットとなった。

②ゴールドとシルバーでは中央部より壁際で高い照度を示した。この事は弱い表面反射があるためだと思われる。

③フリッカー値の最も差が少なかったのはゴールドとシルバーで次いでレッド、オレンジで他はあまり顕著な差は認められなかったが、照度と疲労度の間に何らかの傾向がある様に思われる。各色とも積分球に入る前の印象よりも、実際に積分球に入室して読書をして見た方が柔らかな感じを与えた。

④心理的観察において、レッドは温度感があり暖かいが刺激的で時間が長く感じられた。オレンジ

は思ったより読書し易かった。ルチールタイプ酸化チタン工業学的白色は、温度感が無く自然的で違和感も無く読みやすく、レモンイエローは目がちらつき、グリーンは比較的安息感があった。コバルトブルーは寒く感じられ、バイオレットは大変暗かった。

以上結論付けるとルチールタイプ酸化チタン工業学的白色は積分球内において等乱反射率が高く、照度が最も高い値を示し、明るい均等な柔らかい光を得られる事が出来心理的、生理的に安定感が有り、歯科診療室に最も適した環境をかもし出す事が判った。

参 考 文 献

- 1) 橋口緯徳(1980)積分球光源に関する研究. 松本歯学, 6:179-188.
- 2) 橋口緯徳, 田村 睦, 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) 坂口賢司, 谷内秀寿, 伊比 篤, 宮川 崇, 橋口緯徳(1981)積分球診療室の光学的研究, 第2報 積分球診療室と技工室照度の比較. 日本歯科技工士学会誌, 2:119-123.
- 4) 橋口緯徳, 谷内秀寿, 長野朱実, 宮川 崇, 伊比 篤(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. 松本歯学, 7:87-94.
- 5) 大島正光(1979)疲労の研究. 同文書院, 東京.
- 6) 大島正光(1971)疲労. 新生理学(下巻)748-753.
- 7) 猪飼道夫(1970)疲労. 生理学大系, 9:937-972. 医学書院, 東京.
- 8) 三田俊定(1967)フリッカー. 生理大系, 6:127-138. 医学書院, 東京.
- 9) 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.
- 10) 長屋信美, 西川瀆八, 松島周蔵, 山賀孝郎(1970)産業衛生. 建帛社, 東京.
- 11) ボール・ショジャール(内園耕二訳)(1957)疲労. 白水社, 東京.
- 12) 池田光男(1975)視覚の心理学. 森北出版, 東京.
- 13) 小磯 稔(1979)色彩の科学, 美術出版社, 東京.
- 14) 金子隆芳(1978)色の科学. みすず科学ライブラリー, 4, 東京.
- 15) 川上元郎(1978)色の常識. 日本規格協会, 東京.
- 16) 大山松次郎(1980)新編照明講義案(第2版). オーム社, 東京.
- 17) 照明学会編(1979)Lighting Hand book. オーム社, 東京.
- 18) 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.

- 19) Preston, J. D. Bergen, S. F (1980) Color Science and Dental art, 46—56. Mosby London.
- 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.

第14回 松本歯科大学学会(例会)開催の案内

◎第14回松本歯科大学学会(例会)は、昭和57年6月12日(土)午後1時より本学に於て開催致しますので、何卒ご出席賜りますようご案内申し上げます。

松本歯科大学学会 会長 加藤 倉三

◎演題募集

講演に出題希望の方は、400字以内（B5原稿用紙使用）の要旨をつけ、5月29日（土）正午までに集会幹事までお届け下さい（講演時間は1題8分の予定）。なお講演終了後、目的・方法・成績・考察の順に書かれた1,200字以内（B5原稿用紙）の抄録を提出していただきます。

松本歯科大学学会 集会幹事