壁面色彩とランプの色温度のくつろぎに求められる明るさへの影響 光天井の場合

EFFECT OF THE WALL COLOR AND THE CORRELATED COLOR TEMPERATURE OF LAMP ON THE ILLUMINANCE FOR THE RELAXATION —In case of luminance ceiling—

石田 享子*, 井上 容子**
Kyoko ISHIDA and Youko INOUE

This paper reported the results of the experiment on the effect of color rendering of the wall and the correlated color temperature of lamp on the suitable illuminance and the satisfaction level for relaxation. The experiment was carried out with two lighting patterns: 1) a luminous ceiling; 2) a luminous ceiling and a point source in the center of the right wall. The subjects were seven young females. The conditions of wall color were N9 and 2.5Y8/2 as Munsell color system, and color temperature of lamp were 3000K(2800K), 5000K and 6700K.

The experimental results showed that difference in wall color and lamp that we used in our daily life did not cause the clear effect of the suitable illuminance and the satisfaction level for relaxation. However the suitable illuminance became slightly low as the correlated color temperature became high and in addition the satisfaction level of 3000K was higher than that of 6700K in either wall color. When the satisfaction level was "satisfactory, somewhat satisfactory and neither satisfactory nor unsatisfactory", the suitable illuminance was different from the suggested illuminance by Kruithof.

Keywords : Relaxation, Illuminance, Satisfaction level, Color of wall, Color temperature
くつろぎ, 照度, 満足度, 壁面色彩, 色温度

1. はじめに

住宅内では、読書のような作業効率が重要とされる積極的な視作業と、休息のように雰囲気感が重要とされ、積極的な視作業を行わない行為がある。このように、行為によってどのような空間を創るかという目的が変化するため、行為毎に適した明るさを明確にすることが重要である。本研究では、くつろぐための空間に適した明るさについて検討する。

これまで、くつろぎなどの雰囲気照明に関する研究が多く行われている。例えば、照明と色彩の雰囲気評価に関する研究としては、國嶋ら¹⁾は、壁面色彩と室内雰囲気の関係をスライドによって検討している。また、小島^{2) 3)}は、壁面色彩、光源の種類、ランプの色温度、平均演色評価数、家具の有無と室内雰囲気の関係を模型と実物大模型室を用いて明らかにしている。宮本⁴⁾は、光源の種類、床面色彩と室内雰囲気の関係を実物大模型室を用いて検討している。更に、横ら⁵⁾は室内雰囲気に関して、壁面色彩、照明パターン以外に壁面素材という新たな変数を加え複合効果を検討している。稲垣ら⁶⁾は、照明、色彩、光沢の複合効果を検討している。だが、これらの研究ではSD法を用いた心理評価や因子分析による構造分析を行っているのみで、行為に適した適切照度への各変数の影響を明確にするものではない。また、國嶋らはスライド、横ら並びに稲垣ら

は模型を用いた実験であり、実空間での検証が必要と考えられる。

適切照度に関する研究としては、乾ら⁷⁾が、実際の居間における適切照度をランプの種類毎に検討し、極限法と調節法という評価方法の違いにより適切照度にも違いが生じることを示している。しかし、居間という空間は限定しているものの、そこでの行為までは限定していない。垣鏑ら^{8) 9)}は、蛍光ランプの色温度と室温の関係を捉える実験を行っている。宮本ら¹⁰⁾は、実物大実験室を用いて居間空間において望まれる明るさを蛍光ランプの色温度を変化させて検討し、中村ら¹¹⁾はリビングの実物大実験室でランプの色温度と照度を変化させる実験を行い、実空間での団らんにくつろぎに適した明るさを検討している。この中村らの研究は、ランプの色温度よりも照度が好ましさに影響することを示している。

上記のように多くの研究が行われているが、壁面色彩とランプの色温度の適切照度への影響に関しては十分な検討がなされていない。

そこで、本研究では積極的な視作業を伴わないくつろぎの行為に焦点を当て、日常的に使用される壁面色彩とランプの色温度がくつろぎに適した明るさ並びに満足度にどのように影響するのかを把握することを目的とする。尚、くつろぐための照度には初期順応レベルの影響が大きいため¹²⁾、今回は照度そのものの値を検討するのではなく、壁面色彩並びにランプの色温度の照度への影響を定性的に

* 奈良女子大学大学院博士後期課程 大学院生

** 奈良女子大学生活環境学部 教授・工博

Graduate Student, Graduate School of Human Culture, Nara Women's University
Prof., Department of Residential Environment and Design, Nara Women's University, Dr. Eng.

検討する。

2. 実験方法

実験は、壁面色彩とランプの色温度の影響を検討するため、被験者の評価環境が比較的容易に把握できる実験室実験としている。実験方法は、被験者自身が評価室内で積極的な視作業を伴わないくつろぎとして最も適した明るさに照明を調節し、くつろぎの空間としての満足度を評価するものである。調光する照明として天井に光天井のみを設置し、その光天井を調光する実験Ⅰと、光天井と壁照明を併用して設置し、光天井は調光せずに壁照明のみ調光する実験Ⅱを行っている。

2.1 実験室

実験には、一定の明るさに順応するための順応室と被験者が室内の明るさを調光する評価室を用いる。順応室はW2.5m×D2.5m×H3.3mの室であり、評価室はW2.7m×D2.7m×H2.6mの室である。図1に実験室の平面図と評価室のAA'断面図を示す。

評価室の壁面は、無光沢で反射率93%、床及び被験者用のソファは反射率26%である。照明は、図1の断面図のように、天井照明として用いる光天井の面光源と壁照明として用いる被験者の右壁面（図1に示すR壁）中央の点光源である。光天井（2.6m×2.6m）は、十分に光を拡散させるため天井下面に乳白色アクリルパネル（透過率70%）を設置する。壁照明は、光源に半球状乳白色アクリルカバー（透過率75%、直径16cm）を取り付ける。

2.2 実験条件

表1に実験Ⅰと実験Ⅱの実験条件を示す。表1中に示めている初期環境とは、順応室と同じ明るさに設定された評価室に入室した時の室の環境である。床中央水平面照度とは、評価室における床面中央で設定した水平面の照度であり、顔面鉛直面照度とは、被験者の顔面前方付近で測定した鉛直面の照度である。

実験Ⅰの変数は、評価室内の壁面色彩と光天井に用いるランプの色温度である。壁面色彩はマンセル表色系でN9と2.5Y8/2の2種類、光天井のランプの色温度は3000K、5000K、6700Kの3種類で、いずれも蛍光灯（32W三波長域発光型Hf蛍光灯）である。これらを組み合わせて実験条件は6条件である。

実験Ⅱの変数は、壁面色彩のみであり、実験Ⅰと同様のN9と2.5Y8/2の2種類である。照明は光天井と壁照明を併用する。光天井には実験Ⅰで用いた色温度3000Kの蛍光灯を、壁照明は色温度2800Kの蛍光灯（22W電球型蛍光灯）を用いる。2800Kの蛍光灯にフィルターをかけて光天井と同じ3000Kにした場合、光源自体の青みが強くなり不自然さが生じる。そのため、今回は色温度の調整を行っていない。尚、評価室入室時には光天井のみが点灯している。

結果は、被験者が感じる明るさに対応していると考えられる顔面鉛直面照度を用いて示す。

2.3 被験者

被験者は、奈良女子大学住環境学講座の学生7名である。また、被験者は各自、日常生活に支障のない程度に視力を矯正しており、被験はその矯正状態でやっている。

2.4 申告内容

被験者は、調光後に評価室において積極的な視作業を伴わないくつろぎの空間としての満足度を評価する。満足度は『満足・やや満足・どちらでもない・やや不満・不満』の5段階である。被験者には「くつろぎにふさわしい明るさ」に調光するように教示しているが、実験室という限定された環境下で実験を行っているため、調光を行っても必ずしも十分に満足できる状態になっているとは限らない。そこで、最もくつろげる明るさに被験者自ら調光させ、調光後にくつろぎ空間としての満足度評価を行っている。

2.5 実験手順

被験者は実験前に様々な明るさに曝露されているため、順応室において床中央水平面照度20 lxの明るさに10分間順応する。その後、『行為を伴わない休息をイメージしながら、くつろぎの空間にふさわしい明るさに調節して下さい。尚、実験中は、室内を自由に見渡しながら明るさの決定と評価を行って下さい。』と教示され、順応室と同じ照度に設定された評価室に入室する。被験者は、評価室内に設置してあるソファに座り、入室2分経過時に調光と調光後の評価室の満足度評価を行う。1条件終了後、順応室に戻り、再度20 lxの

図1 実験環境

表1 実験条件

		実験Ⅰ						実験Ⅱ	
		条件1	条件2	条件3	条件4	条件5	条件6	条件7	条件8
壁面の色		N9			2.5Y8/2			N9	2.5Y8/2
色温度		3000K	5000K	6700K	3000K	5000K	6700K	2800K	
使用ランプ		蛍光灯						蛍光灯	
照明設置位置		天井						天井と被験者の右壁	
光源種類		面光源						面光源と点光源の併用	
初期環境	床中央水平面照度 [lx]	20	20	20	20	20	20	20	20
	顔面鉛直面照度 [lx]	14	14	14	12	12	12	14	12

明るさに3分間順応し、再び評価室に入室する。そして、先程と同様に調光と評価を行う。以後同様に、順応、調光、評価と繰り返す。実験は、各条件3回以上実施している。

尚、実験Ⅱでは、光天井を一定の明るさに保ち、壁照明のみを自由に調光させる。調光する際は、消灯している壁照明を一旦最大に点灯し、その後、被験者がくつろぎとして最も適した明るさに調光する方法を取っている。

3. 実験Ⅰ（光天井）の結果及び考察

壁面色彩並びにランプの色温度の設定照度とくつろぎ空間としての満足度への影響を被験者毎に検討した結果、個人内誤差並びに個人間誤差（個人差）は大きい、概ね過半数の被験者に同じ傾向が認められたことから、全測定データを用いて考察を進める。尚、満足度並びに顔面鉛直面照度に関する有意差検定は、2変数の場合はt検定を、3変数の場合は一元配置の分散分析を行い、さらに2変数ずつのt検定を行う。

3.1 くつろぎ空間としての満足度

被験者の調光後のくつろぎ空間としての満足の程度を把握するため、まず、図2に設定照度に関わらずくつろぎ空間としての満足度の評価割合をランプの色温度別に各条件について示す。図の右に示す（）内の数値はN数（被験者数×1人あたりの試行回数）である。これまでに光天井ではくつろぎ空間としての満足が得にくいという知見を得ており¹²⁾、今回の実験においても満足の評価は3000KのN9壁で2%、6700Kの2.5Y8/2壁で5%と非常に少ない。また、不満の評価も3000KのN9壁で2%、6700KのN9壁と2.5Y8/2壁で5%と僅かである。このことから、満足とやや満足を満足側、不満とやや不満を不

満側とし、満足側、どちらでもない、不満側の3段階に分類して検討する。

(1) 壁面色彩の影響

満足側の評価割合は、3000Kと5000KでN9壁の方が2.5Y8/2壁よりも高い。どちらでもないの評価割合は、ランプの色温度の違いに関わらず、N9壁の方が2.5Y8/2壁よりも低い。不満側の評価割合は、3000Kと6700KでN9壁の方が2.5Y8/2壁よりも高い。しかし、くつろぎ空間としての満足度に対する壁面色彩の影響に関してt検定に

図2 条件別の満足度割合
() 内の数値はN数

注) 有意差検定 * $p < 0.05$
** $p < 0.10$

図3 壁面色彩並びにランプの色温度の影響 () はN数であり、N数の後の数値は照度の中央値である 注) 有意差検定 * $p < 0.05$

図4-1 壁面色彩の影響

図4 設定照度の範囲と傾向 (不満ではない側=満足+やや満足+どちらでもない)

よる有意差検定を色温度別に行ったところ、いずれの場合も有意な差は認められない。

(2) ランプの色温度の影響

満足側の評価割合は、N9壁で6700K<5000K<3000Kの順に増加している。また、2.5Y8/2壁では、5000Kで満足側の評価割合が10%と低いが、3000Kの方が6700Kより評価割合が増加している点はN9壁と共通する。どちらでもないの評価割合は、N9壁で6700K<5000K<3000Kの順に増加する。不満側の評価割合は壁面色彩の違いに関わらず、3000K<5000K<6700Kの順に増加する。ただし、くつろぎ空間としての満足度に対する色温度の影響に関して分散分析を行ったところ有意水準5%では有意差は認められないが、有意水準10%としてみたところ有意差が認められ、t検定ではN9壁での3000Kと6700Kでのみ有意水準5%の有意差が認められる。

3.2 鉛直面照度と満足度の関係

図3は被験者7名の最もくつろげる顔面鉛直面照度とくつろぎ空間としての満足度の関係を条件毎に顔面鉛直面照度の低い順に累積して示したものである。図中のプロットは各条件における被験者7名の全試行の評価結果である。満足度の検討同様、満足側、どちらでもない、不満側の3段階に分類して検討する。() 内のN数の後に示す数値は顔面鉛直面照度の中央値である。図3よりいずれの条件においても不満側の累積曲線が満足側よりも高照度側に位置することがわかる。

(1) 壁面色彩の影響

いずれの色温度の場合もN9壁では3段階の満足度の照度分布範囲に大きな差はないが、2.5Y8/2壁では満足側並びにどちらでもないの場合に比べ不満側の照度の分布範囲が広く、高照度側に広がっている。特に6700Kの場合にこの傾向が顕著であり、t検定の結果どちらでもないと不満側の顔面鉛直面照度に有意水準5%で有意な差が認められる。3段階の満足度毎の顔面鉛直面照度に対する壁面色彩の影響に関してt検定による有意差検定を行ったが有意な差は認められない。

(2) ランプの色温度の影響

どちらの壁面色彩においてもランプの色温度が異なることで、満足度と照度の関係に違いは認められない。壁面色彩の検討同様に3段階の満足度毎の顔面鉛直面照度に対するランプの色温度の影響に関してt検定による有意差検定を行ったが有意な差は認められない。

3.3 顔面鉛直面照度の傾向

図4はくつろぎ空間としての満足度で不満側の評価を除いた『満

図4-2 ランプの色温度の影響

図5 併用照明における条件別の満足度割合 (() 内の数値はN数)

足・やや満足・どちらでもない』の不満ではない側の顔面鉛直面照度を条件毎に累積し、その結果を基に%タイル値を求めて示したものである。

(1) 壁面色彩の影響

図4-1にランプの色温度毎に壁面色彩が異なる条件の各%タイル値を実線で結んで示す。3000Kにおける30%タイル値以上でN9壁よりも2.5Y8/2壁の方が顔面鉛直面照度が低いという傾向が認められる。しかし、5000Kや6700Kでは70%タイル値以上でなければ3000Kの場合のようにN9壁よりも2.5Y8/2壁の方が顔面鉛直面照度が低いという同様の傾向は認められず、それ以下では壁面色彩が変化しても顔面鉛直面照度は同程度かもしくは2.5Y8/2壁の方がN9壁よりも高いという傾向となっている。よって、今回の条件のようにN9と2.5Y8/2という壁面色彩の違いでは、不満ではない側の顔面鉛直面照度が明確に変化するほどの影響は認められない。

(2) ランプの色温度の影響

図4-2に壁面色彩毎にランプの色温度が異なる条件の各%タイル値を実線で結んで示す。N9壁、2.5Y8/2壁共に、6700Kの場合の方が3000Kや5000Kの場合よりも顔面鉛直面照度が低い傾向があり、全体的に僅かながら高色温度ほど顔面鉛直面照度が低くなる。

4. 実験Ⅱ (光天井と壁照明を併用) の結果及び考察

実験Ⅱでは光天井と壁照明を点灯させて、N9と2.5Y8/2の2種類の壁面色彩についての実験を行う。実験Ⅰにおいて、初期環境の明るさよりも顔面鉛直面照度を低く設定した割合は2割程度と少ないことから、実験Ⅱでは光天井は初期環境の状態から変化させず、壁照明のみを被験者自らが自由に調光する方法で実験を行う。実験Ⅱの実験環境は図1に、実験条件は表1に示した通りである。

図5にくつろぎ空間としての満足度の評価割合を図2と同様の方法で示す。壁面色彩の違いに関わらず、光天井の場合より満足並び

図6 併用照明での壁面色彩による照度と満足度の変化

にやや満足の評価割合が大幅に増加している。不満という評価はなく、やや不満の評価がN9壁で僅か5%あるのみである。くつろぎ空間としての満足度に対する壁面色彩の影響に関してt検定による有意差検定を行ったが有意な差は認められない。

図6に顔面鉛直面照度とくつろぎ空間としての満足度の関係を図3と同様の方法で示す。満足側並びにどちらでもない共に、壁面色彩を変化させても照度の分布範囲にほとんど違いはない。しかし、N9壁と2.5Y8/2壁では満足側の累積曲線の形が異なり、2.5Y8/2壁では約80%が25~40 lxに集中している。満足側並びにどちらでもないそれぞれにおいて、壁面色彩の変化に伴う鉛直面照度の違いに関してt検定による有意差検定を行ったが有意な差は認められない。

図7は実験Ⅰ（光天井）の3000Kの結果と実験Ⅱ（併用照明）の結果を比較して示したものであり、どの条件も被験者がくつろぎに適した明るさに自由に調光した際に『満足・やや満足・どちらでもない』という不満ではない側の評価をした場合の顔面鉛直面照度を低い照度から順に累積したものである。併用照明の10~45%の範囲以外では、光天井、併用照明共にN9壁の方が2.5Y8/2壁よりも照度が高い。しかし、壁面色彩の変化による照度の違いに関してt検定を行ったが、有意な差は認められない。光天井よりも併用照明の方が、高照度側に分布しており、壁面色彩の変化による照度への影響より、照明方式の変化の方が照度に大きく影響する。

5. Kruihofのランプの色温度と照度の快適領域¹³⁾との比較

図8にKruihofのランプの色温度と照度の快適領域と今回得られたくつろぎ空間としての満足度で『満足・やや満足・どちらでもない』と評価した場合の不満ではない側の顔面鉛直面照度の比較を示す。尚、本報の結果は80%レンジと中央値で示している。

Kruihofが示す不快領域と快適領域の境界照度は高色温度になるほど高くなるという傾向がある。

今回得られたくつろぎ空間として不満ではない場合の照度範囲は、Kruihofの不快領域に入っている。図中に示すのは不満ではない場合の結果であるが、満足とやや満足の評価である満足側での顔面鉛直面照度についても、図中に示す照度の範囲と大きく変化しないことは図3及び図6より明らかである。よって、今回の結果はKruihofの提案している快適領域とは明らかに異なると言える。また、くつろぎ空間として不満ではない側のランプの色温度と設定照度の関係には、Kruihofの図のように高色温度ほど高照度となる傾向は認められず、むしろ高色温度ほど照度が低くなるという傾向があり、この点については図4-2に詳細に示したところである。

図7 実験Ⅰと実験Ⅱでの設定照度の違い
(不満ではない側=満足+やや満足+どちらでもない) 図8 色温度と照度の関係に関するKruihofの提案と本研究結果の比較（不満ではない側、80%レンジと中央値）
(2800Kは併用照明で、それ以外は天井照明である。)

このような違いが生じる原因としては、Kruihofの実験内容の詳細は不明であるものの、実験条件や照度の測定位置、行為の設定が異なることが一因として考えられる。

6. おわりに

本報告では、壁面色彩とランプの色温度の変化により、くつろぎとして最も適した明るさやくつろぎ空間としての満足度がどのように変化するのかを検討し、以下の知見を得た。

- 1) 光天井の場合、N9壁、2.5Y8/2壁共に6700Kよりも3000Kの方が満足側の評価割合が高い。また、N9壁の3000Kと6700Kでの満足度に有意差が認められる。
- 2) 統計的に有意な差が出るほどの違いはないが、壁面色彩やランプの色温度の変化により照度の分布範囲や累積曲線の形が異なる。
- 3) 光天井でくつろぎ空間として不満ではない場合、僅かながら高色温度になるほど顔面鉛直面照度が低くなる傾向が認められる。
- 4) くつろぎ空間として不満ではない場合の顔面鉛直面照度は、Kruihofの提案した快適領域とは大きく異なる。

今回の実験では、人が日常生活を行う空間を念頭に置き、実験条件を設定した。その結果、統計的な有意差がほとんど認められなかったように、住空間の中で日常的に用いられる壁面色彩やランプの色温度の変化範囲では、くつろぎ空間としての明るさを設定するのに壁面色彩やランプの色温度による大きな影響はないと考えられる。ただし、店舗など個性的な壁の色やランプの色使いを行う場合は、本報の結果とは異なることが予想される。

今後、輝度分布など他の変数も含め、それぞれの変数の設定照度

への影響度について検討し、得られた知見を内装が不均一な実空間で検証する必要があると考えている。

謝辞

本実験の遂行にあたり奈良女子大学卒論生の飯島愛氏の協力を得ました。ここに、記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 國嶋道子、山下紀子、梁瀬度子：住宅居間における壁面色彩の視覚的効果に関する研究、日本建築学会論文報告集、pp. 87～93、1983.1
- 2) 小島雅子：光源の種類と壁面色彩との関係が室内雰囲気及ぼす影響、奈良女子大学家政学研究、vol132、No2、pp. 212～218、1986.3
- 3) 小島雅子：光源とそのとりまく要因が室内雰囲気に及ぼす影響、奈良女子大学家政学研究、vol134、No1、pp. 69～77、1987.9
- 4) 宮本雅子：光源と床面色彩が室内雰囲気に及ぼす影響、奈良女子大学家政学研究、vol136、No1、pp. 35～42、1989.9
- 5) 槇究、澤知江：室内雰囲気評価に及ぼす色彩・照明・素材の複合効果、日本建築学会計画系論文集、pp. 15～22、1999.2
- 6) 稲垣卓造、飯島祥二：照明・色彩・光沢が室内の雰囲気評価と行為の選択に与える影響、日本建築学会環境系論文集、pp. 7～14、2003.8
- 7) 乾正雄、梅干野晃：住宅居間の快適性に及ぼす光源と照度の影響、日本建築学会論文報告集、pp. 81～87、1980.12
- 8) 垣鏑直（他3名）：心理・生理反応から評価した好みの色温度と室温の組み合わせに関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集、No. 528、pp. 67～73、2000.2
- 9) 垣鏑直（他4名）：心理・生理反応から評価した好みの色温度と室温の組み合わせに関する実験的研究、日本建築学会計画系論文集、No. 532、pp. 87～92、2000.6
- 10) 宮本雅子、梁瀬度子：蛍光ランプの色温度・演色性が室内雰囲気に及ぼす影響、照明学会誌、第81巻、第2号、pp. 107～115、1997.2
- 11) 中村肇、唐沢宜典：照度・色温度と雰囲気の好ましさを関係、照明学会誌、第81巻、第8A号、pp. 69～76、1997.8
- 12) 石田享子、井上容子：くつろぎのための明るさに関する研究－初期順応レベルと経過時間の影響－、照明学会誌、第89巻、第8A号、pp. 445～452、2005.8
- 13) A.A.Kruithof:Tubular Luminescence Lamps for General Illumination, Philips Technical Review, 6, pp. 65-96 (1941).

(2005年9月9日原稿受理、2006年4月7日採用決定)