

色温度を変えた場合の 安全色彩と周辺環境に使われる色の評価について

神 農 悠 聖 大 野 治 代^{*1} 側 垣 博 明^{*2}
田 村 繁 治^{*2} 平 賀 隆^{*2} 高 浜 幸太郎^{*2}

Rating of Colors Based on Safety Signs and Interior Finishes
in the Case of Changing Color Temperature

KONO Masami / OHNO Haruyo / SOBAGAKI Hiroaki
TAMURA Shigeharu / HIRAGA Takashi / TAKAHAMA Kotaro

1 はじめに

建物の内外に設置される視覚表示として、信号、標識、ポスター、広告などのサインがあり、これらは視認性や誘目性の高いことが望ましい。なかでも安全標識や安全表示などには、事故や災害の発生などの緊急時に際して速やかな対応ができるように、安全に関する警告や指示、情報などを視覚的に伝達表示するため、日本工業規格（JIS Z9101）により定められた安全色彩が使用されている。例えば「安全」に関する箇所には緑、「用心」には青、「放射能」には赤紫、「停止」には赤、「注意」には黄、「危険」には黄赤といった色が使用されている。そこで筆者らは、現在定められている安全色彩がどのような評価をされる色であるかを調べることを目的とし、安全色彩とその周辺環境に使用される色の見え方について検討することにした。

まず、視対象とその背景が無彩色である場合の見え方は、明視3要素である視対象の大きさ（視角）、背景輝度（順応輝度）及び視対象と背景との輝度対比で評価することができ、無彩色視対象についてはこれらの要素を考慮した照明設計がなされている。一方、視対象とその背景の両方、またはそのどちらかが有彩色の場合については、無彩色視対象の明視3要素に加えて、色相と彩度が見え方に大きく影響を及ぼしている。

これまで有彩色視対象については、順応レベルの効果を含み、有彩色視対象と背景との色相・明度・彩度の各要因を総合した両者の主観的な差異を「対比感」と定義し、この主

※1 大手前大学社会文化学部

※2 産業技術総合研究所

観量が大きいほど見やすくなるとの考えに基づき、対比感評定値と各種要因との関係について被験者実験により検討してきた。その結果、有彩色視対象と背景との明度差及び彩度差が対比感を左右する要因となることを明らかにした。色相差については各種色空間における色差式や、分光輝度差に着目して対比感との関係を検討したが、定性的な結果は得られなかった。またこれらを検討した結果、対比感評定値の量に個人差はあるが、見え方は一定の傾向があることもわかった。そこで筆者らは、多数の人の評価で色相の見え方について大略を把握できるのではないかと考え、若齢者を対象に安全色彩とその周辺環境に使用される色の見え方の検討を行った。

実際に安全色彩が使用される室内環境においては、さまざまな光源が使用され、異なる照明光源下における視対象の見え方が問題となることが多い。また従来の研究は、模型内を観察する実験がほとんどであった。そこで本研究では、実際の居住環境を想定して、実空間と見なせる実験空間で照明条件を変え、被験者が入った状態で、視対象としてあげた安全色彩とその周辺環境に用いられる色の見え方を、評定させる実験を行った。同時に、各視対象の対比感評定値がどのような形容詞で表現されるものなのかについて種々の形容詞対を用いて検討したので、その結果も併せて報告する。

2 実験方法

2-1 実験条件

2-1-1 実験日時・場所

実験期間は2003年11月14日～2004年3月15日である。実験は、産業技術総合研究所関西センター光機能材料研究棟に設置されている色光装置を用いて行った。装置内の照明環境は図1に示すとおり、コンピューターにより制御されている。赤(R)、緑(G)、青(B)の3種の蛍光灯の発光強度がコンピューターの指令により調整され、任意の色度及び照度が光の混合により照明光を実現することができる。また装置内には温湿度を通常の生活環境条件に保つように冷暖房が完備されている。

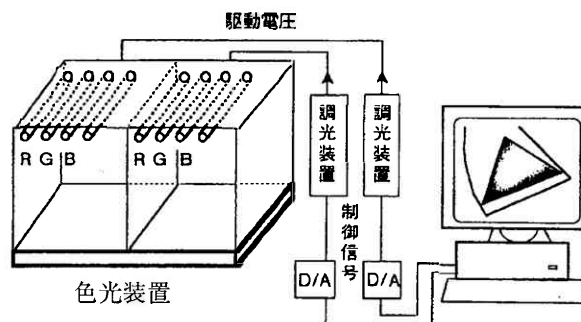


図1 色光装置の照明システム

2-1-2 被験者

被験者は表1に示す大手前大学の学生8名（男女各4名）である。全被験者とも色覚に異常はなく、視力は眼鏡やコンタクトレンズで矯正している。

表1 被験者一覧

被験者	性別	年齢	矯正	視力(左)	視力(右)
HT	男	23	有(コンタクト)	1.2	1.2
WM	女	21	有(コンタクト)	1.5	1.5
GT	男	22	無	2.0	2.0
SC	女	21	有(コンタクト)	1.5	1.0
FE	女	22	無	0.5	1.5
ST	男	21	無	0.5	0.5
FA	女	21	無	1.0	1.2
SY	男	24	有(眼鏡)	1.0	1.0

2-1-3 実験空間・使用機器

図2は、実験空間である色光装置の平面図及び断面図を示す。色光装置の大きさは幅3000×奥行4000×高さ2500（mm）で、内装仕上げは無彩色である。被験者は、机上面照度200lxの前室に約10分間滞在した後装置内に入る。視標は光源のある天井面から1950mm直下に提示し、被験者との視距離は30cmで、視方向は法線から45°方向で観測させた。照明条件は表2に示す2条件で、光源の光色は昼光色（色温度6500K）とした場合と電球色（色温度2850K）とした場合である。観測位置の光源の色度はそれぞれ $x=0.313, y=0.329$ 及び $x=0.448, y=0.408$ に設定している。また視標面照度は約400lxである。視標面における色度及び照度の設定条件は、表3に示す色度計及び照度計を用いて確認している。

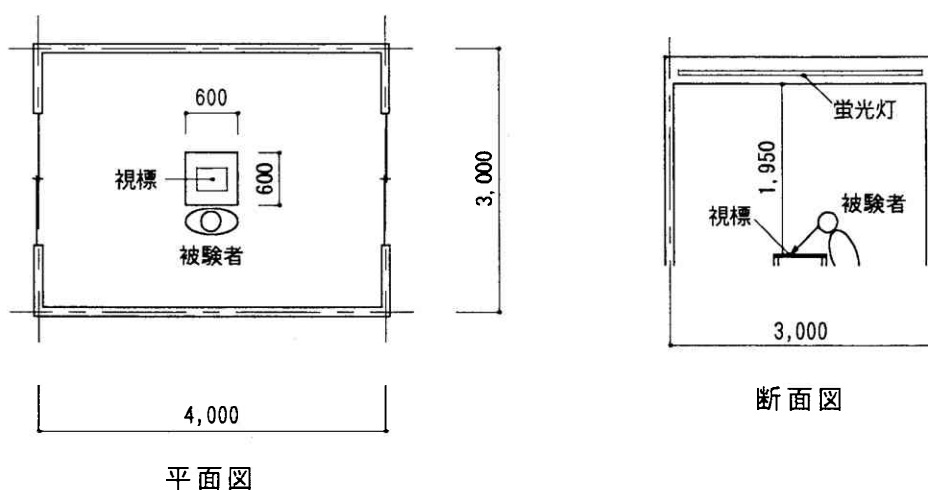


図2 色光装置平面図・断面図

表2 照明条件

光色	色温度	色度
昼光色	6500K	x=0.313, y=0.329
電球色	2850K	x=0.448, y=0.408

表3 使用機器

色度計	ミノルタ 色彩色差計CL-100
照度計	ミノルタ デジタル照度計T-1M

2-1-4 評価視対象

評定実験に用いた評価視対象は、半艶色紙（日本色彩研究所製）で視角横 3.2° ×縦 2.4° の色票である。色は表4に示す52色で、安全色彩6色、室内仕上色11色、中高彩度色36色、無彩色6色で構成されている。室内仕上色は安全色彩の背景となる色とし、中高彩度色は彩度の高い安全色彩と比較するために使用した。この色票を1つずつランダムに提示し、被験者に評定させた。

表4 評価視対象の色

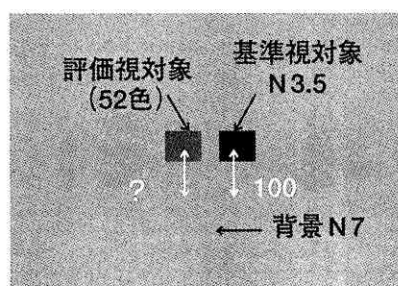
分類	色					
	5G5/6(安全)		2.5PB5/6(用心)		2.5RP4/10(放射能)	
安全色彩 (6色)	5R4/12(停止)		2.5Y8/10(注意)		2.5YR6/14(危険)	
室内仕上色 (11色)	10YR9/2	10YR8/2	10YR8/4	10YR7/2	10YR6/2	
	7.5YR6/6	7.5YR9/2	7.5YR8/2	5Y9/2	2.5G7/3	2.5YR6/2
中・高彩度色 (36色)	5Y5/4	2.5GY5/4	10YR8/4	5G5/6* ¹	5BG5/6	5B5/6
	2.5PB5/6* ¹	5PB5/6	5P5/6	5RP5/6	2.5R5/6	2.5YR5/6
	5YR5/6	5Y5/6	7.5YR6/6* ²	5P5/8	5RP5/8	5R5/8
	5YR5/8	2.5Y5/8	5G5/8	5BG5/8	5B5/8	5PB5/8
	5GY7/8	2.5P4/10	2.5RP4/10* ¹	5RP4/10	2.5R5/10	5PB5/10
	5YR7/10	2.5Y8/10* ¹	5Y8/10	2.5R4/12	5R4/12* ¹	2.5YR6/14* ¹
無彩色 (6色)	N2.5	N3	N5	N6	N7	N9.5

*1：安全色、*2：室内仕上

2-2 実験内容と手順

2-2-1 対比感評定

図3の視標を用いて各視対象の対比感を評定させた。視標の大きさは視角横 32° ×縦 42° 、背景の色はN7とし、視標中央付近の左側に評価視対象を、右側に基準視対象を提示する開口部（ 3.2° × 2.4° ）を設けている。基準視対象の大きさは評価視対象と同一で、色はN3.5とし、背景との輝度対比は0.79である。これは文章の読みやすさ評価に関する研究⁹⁾において、視対象とその背景の輝度対比が0.7以上のとき“見やすい”と評価された結果を引用したものである。この視標を被験者に観測させ、基準視対象と背景との色の違いの程度を100とした場合に、評価視対象と背景との色の違いの程度を0以上の数値で回答させた。計52色の評価視対象について、被験者に評定させた。実験は各照明条件につき、1人3回ずつ行った。



※実際の視標には文字や記号などの表示はない。

図3 対比感評定に用いた視標

2-2-2 形容詞対を用いた評定

対比感評定値を決定する心理内容を把握するために、安全色彩について形容詞対を用いたアンケート調査を行った。図4に示す視標は、大きさが視角横 32° ×縦 42° 、色はN7とし、視標の中央に、評価視対象を提示する開口部 (3.2° × 2.4°) を設けている。評価視対象として安全色彩6色を1つずつランダムに提示し、各評価視対象の評価は、表5に示す16の形容詞対¹⁰⁾を用いて5段階に評定させた。評定は対比感評定実験と同じ色光装置内で行い、照明条件ごとに被験者1人につき1回とした。

表5 評定に用いた形容詞対

形容詞対	
1	軽いー重い
2	好きー嫌い
3	自然ー不自然
4	柔らかいー固い
5	澄んだー濁った
6	あっさりー複雑な
7	はっきりーぼやけた
8	陽気ー陰気
9	調和ー不調和
10	派手ー地味
11	暖かいー冷たい
12	美しいー醜い
13	安定ー不安定
14	静的ー動的
15	弱いー強い
16	明るいー暗い

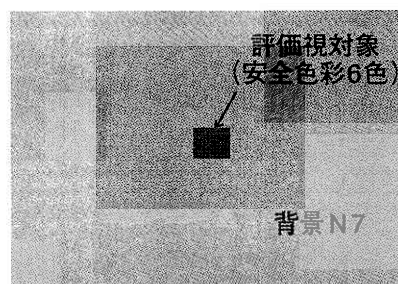


図4 形容詞対による評定に用いた視標

※実際の視標には文字や記号などの表示はない。

3. 結果・考察

被験者の対比感評定値の傾向を見るために、ここでは対比感評定値の変動が大きかった被験者HTと変動の小さかった被験者WMの結果を検討対象として、以下に示す。

3-1 対比感評定値

3-1-1 安全色彩

図5は、安全色彩について被験者HT及び被験者WMの各照明条件における3回の対比感評定値の分布を示している。

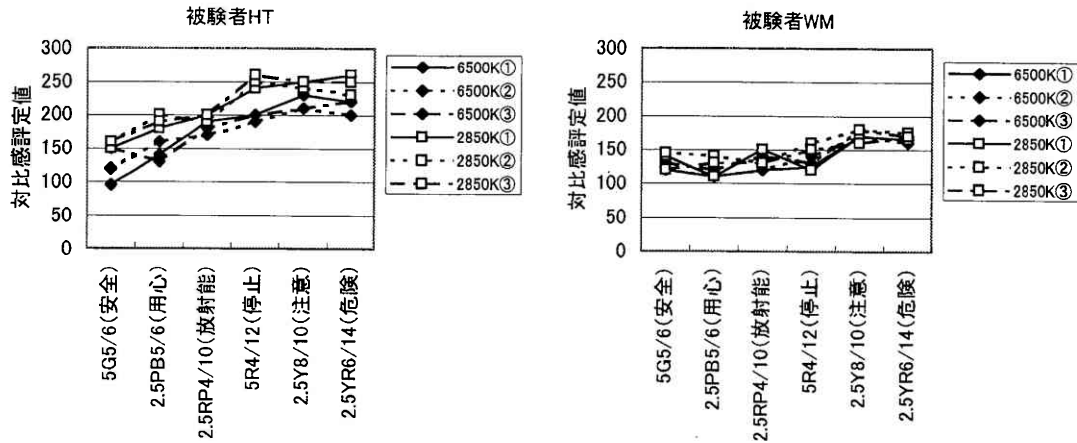


図5 安全色彩の対比感評定値（申告値）

これより、被験者HTの各照明条件における3回の対比感評定値の傾向はほぼ一様で、全体的に色温度2850Kの場合の方が色温度6500Kの場合に比べて高いことがわかる。一方、被験者WMについても各照明条件における3回の対比感評定値の傾向に差異は小さいことがわかる。被験者WMの各照明条件における3回の対比感評定値にばらつきは小さいという傾向は、安全色彩だけでなく他の評価視対象についても認められた。

従ってこれ以降の対比感評定値の傾向は、各照明条件における3回の対比感評定値を平均した結果を用いて検討することにした。図6に安全色彩の各照明条件における対比感評定値の平均値を被験者ごとに示す。

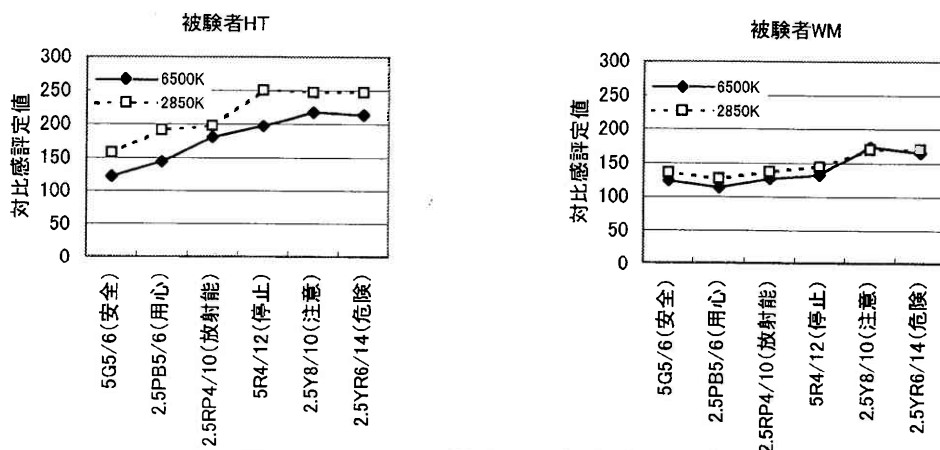


図6 安全色彩の対比感評定値（平均値）

図6より、被験者HTの安全色彩の対比感評定値は、全体的に基準視対象の対比感評定値100を上回っていることがわかる。照明条件ごとの対比感評定値を見ると、色温度6500

Kの場合において、停止・注意・危険の色の対比感評定値が基準視対象の対比感評定値の約2倍となっている。これより色温度6500Kの場合における停止・注意・危険の色は、安全色彩として本来の目的を達しているといえる。一方、安全・用心・放射能の色の対比感評定値は基準視対象の約1.2～2倍と、基準視対象の対比感評定値を上回っているが、停止・注意・危険の色と比較すると対比感評定値は低いことがわかる。色温度2850Kの場合における対比感評定値は全体的に、色温度6500Kの場合の約1.25倍を示し、さらに高い対比感となることがわかる。ここで色温度が低い場合に対比感評定値が高い傾向を示すことがわかる。

被験者WMの安全色彩の対比感評定値は、被験者HTの結果と同様、全体的に基準視対象の対比感評定値を上回っている。しかし色による評定値の差異は小さく、安全・用心・放射能・停止の色の対比感評定値は基準視対象の約1.2～1.5倍、注意・危険の色の対比感評定値は約1.7倍と、注意・危険の色が安全・用心・放射能・停止の色よりわずかに高い程度である。また照明条件を変えても、対比感評定値の差異はほとんど認められなかった。

3-1-2 室内仕上色

図7は、室内仕上色について被験者が回答した各照明条件における対比感評定値の平均値を示す。これより被験者HTの室内仕上色の対比感評定値は、色温度6500Kの場合では基準視対象の約0.7～1.1倍、色温度2850Kの場合では基準視対象の1.0～1.3倍となっている。また被験者WMの室内仕上色の対比感評定値は照明条件による差異は認められず、全体的に基準視対象の約0.5～1.0倍と低い値を示している。ここで室内仕上色の対比感評定値は、前項で述べた安全色彩の対比感評定値より低い値を示していることから、安全色彩は周辺環境の色に比べて対比感の高い色としての役割を果たしていることが明らかである。

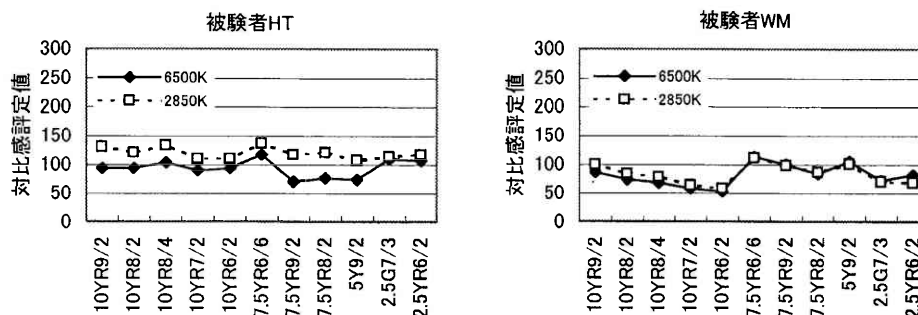


図7 室内仕上色の対比感評定値

3-1-3 有彩色視対象

図8は、有彩色視対象の各照明条件における対比感評定値の平均値を被験者ごとに示している。縦軸に対比感評定値を、横軸に有彩色視対象の色を右へ行くほど高明度・高彩度となるように配置している。

これより両被験者とも、明度及び彩度が高くなるにつれて対比感評定値も高くなる傾向が顕著である。またこれらの有彩色視対象の中で、安全色彩である停止・注意・危険の色は高彩度の色であり、対比感評定値の高い色であることがわかる。

被験者HTの有彩色視対象の対比感評定値は、色温度2850 Kの場合の方が色温度6500 Kの場合よりも対比感評定値が大きくなる傾向が認められ、特に色相R・YR・RPの色について、その程度が大きいといえる。被験者WMの有彩色視対象の対比感評定値は、照明条件による明確な差異は認められなかった。

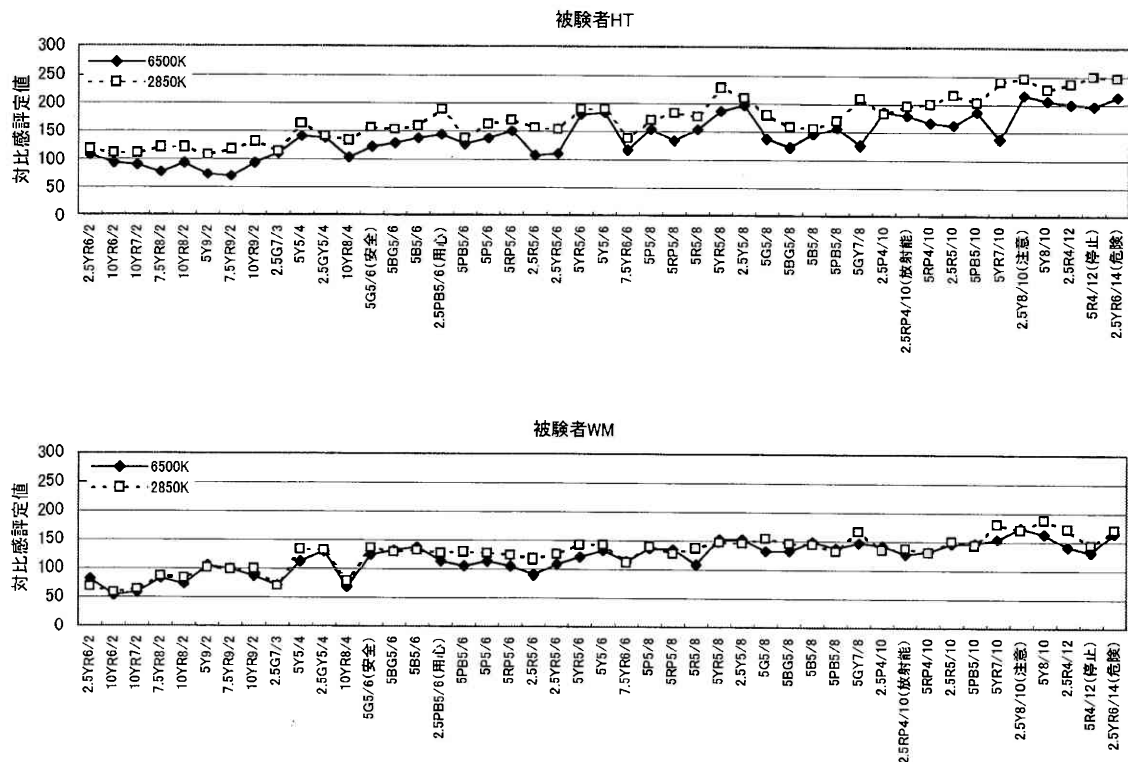


図8 有彩色視対象の対比感評定値

3-1-4 無彩色視対象

図9に、被験者HTと被験者WMの各照明条件における無彩色視対象の対比感評定値の平均値を示す。横軸に無彩色の見え方を表す指標である、視対象とその背景の輝度対比を、縦軸に各無彩色視対象について被験者が回答した対比感評定値の平均値を示す。輝度対比の算定には式(1)を用い、その結果を表6に示す。

$$C = \frac{L_b - L}{L_{\max}(L_b, L)} \quad \dots\dots \text{式(1)}$$

但し、C：輝度対比

L_b ：背景の輝度 (cd/m^2)

L：評価視対象の輝度 (cd/m^2)

表6 無彩色視対象と背景の輝度対比

明度	輝度(cd/m^2)	輝度対比
N2.5	8.19	0.852
N3	14.46	0.739
N5	30.45	0.450
N6	42.45	0.234
N7	58.56	0.000
N9.5	108.5	-0.489
N3.5(基準)	16.49	0.702

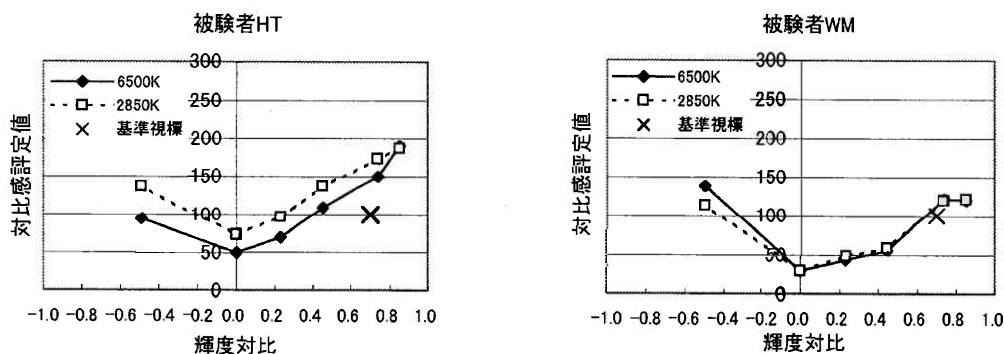


図9 無彩色視対象の対比感評定値と輝度対比の関係

図9より無彩色視対象は両被験者とも、輝度対比が正（正対比とよぶ）のとき、対比の絶対値が大きくなるにつれて対比感評定値も大きくなっていることがわかる。このような傾向は、既往研究⁷⁾においても示されており、本実験条件においても同様の結果が得られることが確認できた。

また被験者WMの場合、無彩色視対象N9.5（-0.489）とN5（0.450）において背景との輝度対比の絶対値がほぼ同じ場合、輝度対比が負（逆対比とよぶ）であるN9.5の対比感評定値が、正対比であるN5.0の対比感評定値に比べて、約2倍と高い評定値を示している。輝度対比の絶対値がほぼ同じであるにもかかわらず、逆対比の方が正対比よりも高い対比感評定値を示すという傾向は、被験者HTの場合を除いた被験者7名について認められた。これより無彩色を用いた視覚表示などでの確に情報を伝えたいときは、視対象と背景の関係を正対比よりも逆対比にした方が有用であるといえる。

照明条件による対比感評定値の違いについて、被験者HTは色温度2850Kの場合の方が色温度6500Kの場合に比べて全体的に約1.2倍高い傾向が認められた。被験者WMは照明条件による差異がほとんど認められなかった。

3-2 安全色彩の形容詞対による評定

照明条件ごとに、安全色彩について形容詞対を用いて評定した被験者HTと被験者WMの結果を、図10～図15に示す。図10は停止（5R4/12）、図11は安全（5G5/6）、図12は注意（2.5Y8/10）、図13は危険（2.5YR6/14）、図14は用心（2.5PB5/6）、図15は放射能（2.5RP6/14）の色について示している。

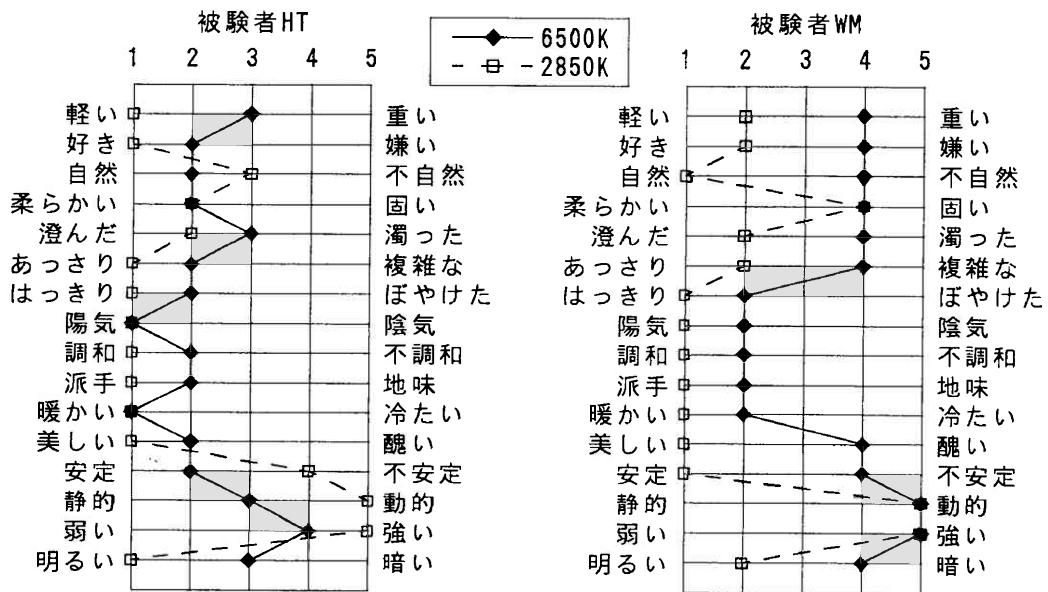


図10 停止の赤 (5R4/12) の形容詞対による評定

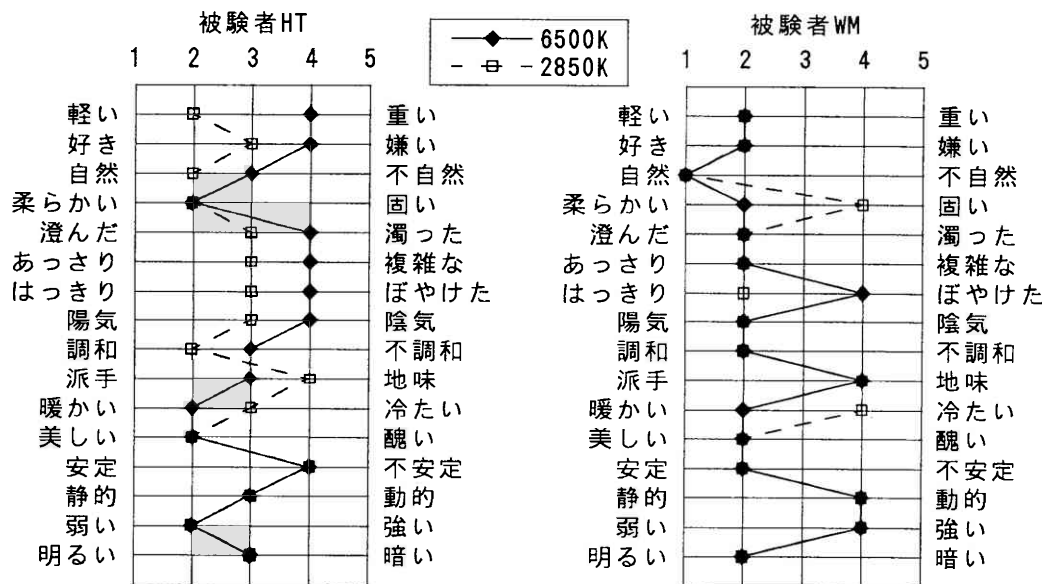


図11 安全の緑 (5G5/6) の形容詞対による評定

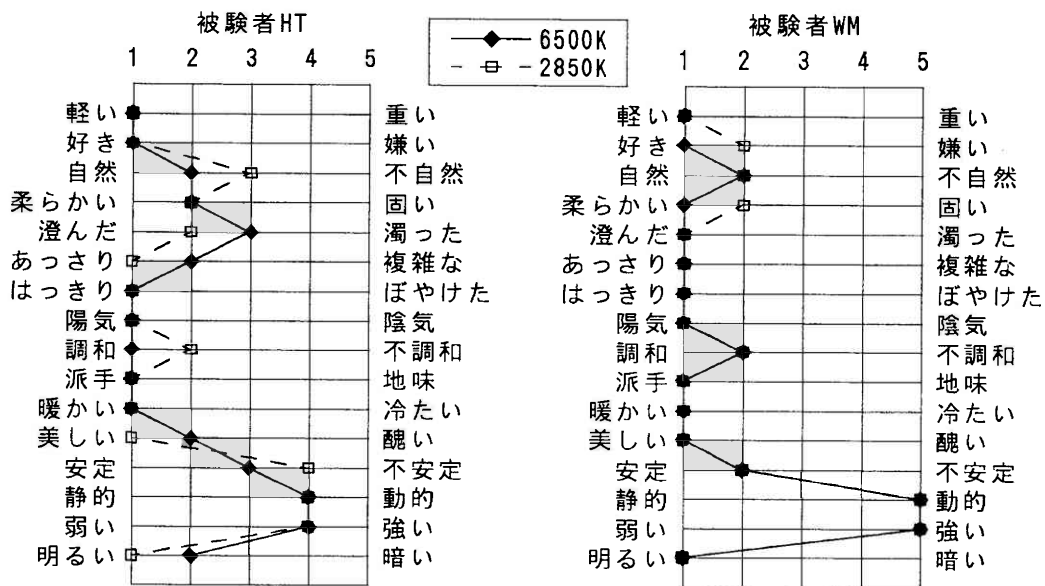


図12 注意の黄 (2.5Y8/10) の形容詞対による評定

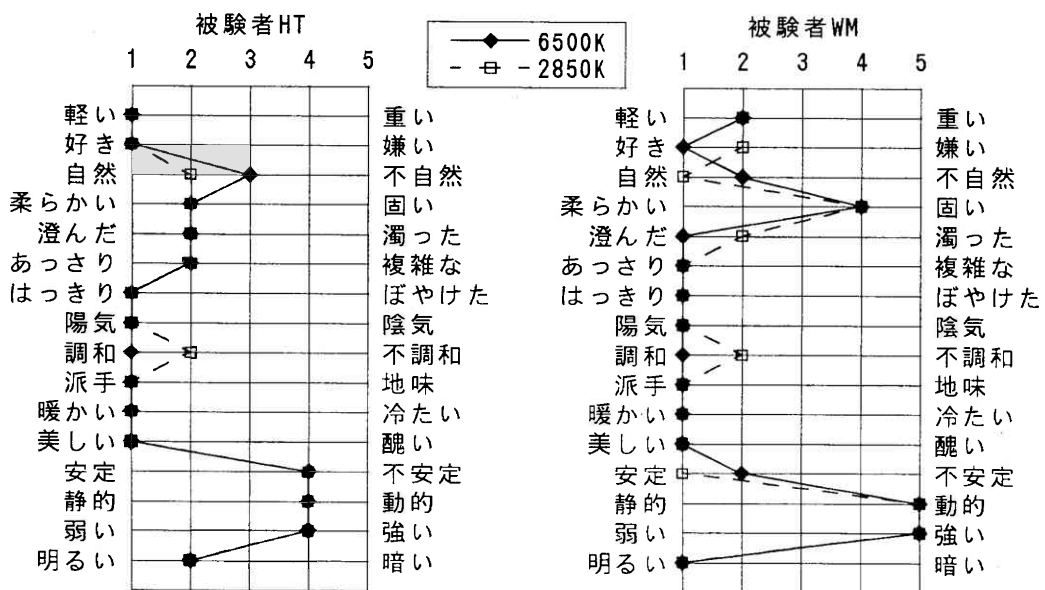


図13 危険の黄赤 (2.5YR6/14) の形容詞対による評定

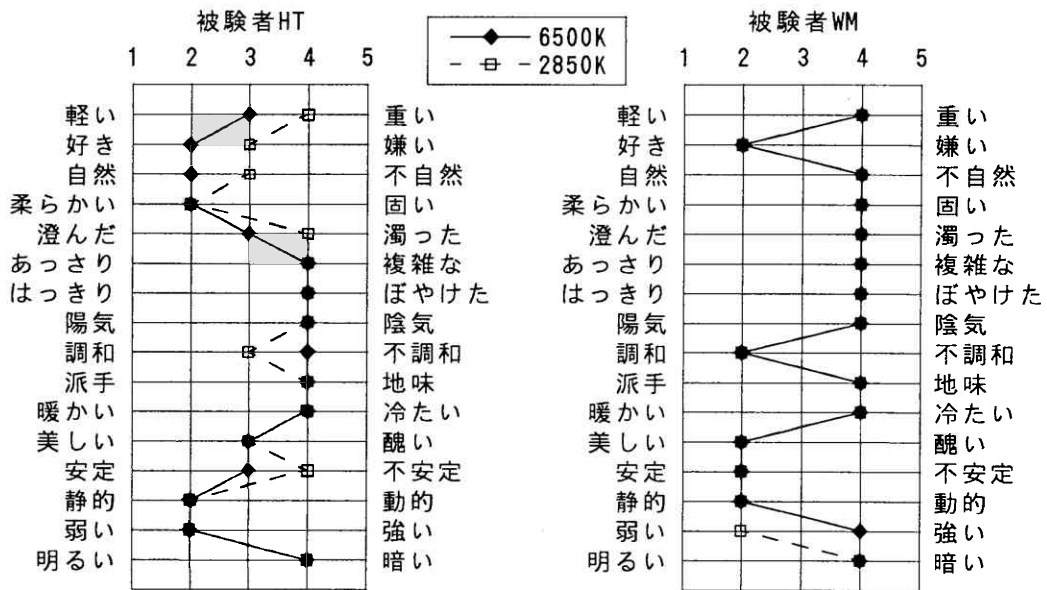


図14 用心の青 (2.5PB5/6) の形容詞対による評定

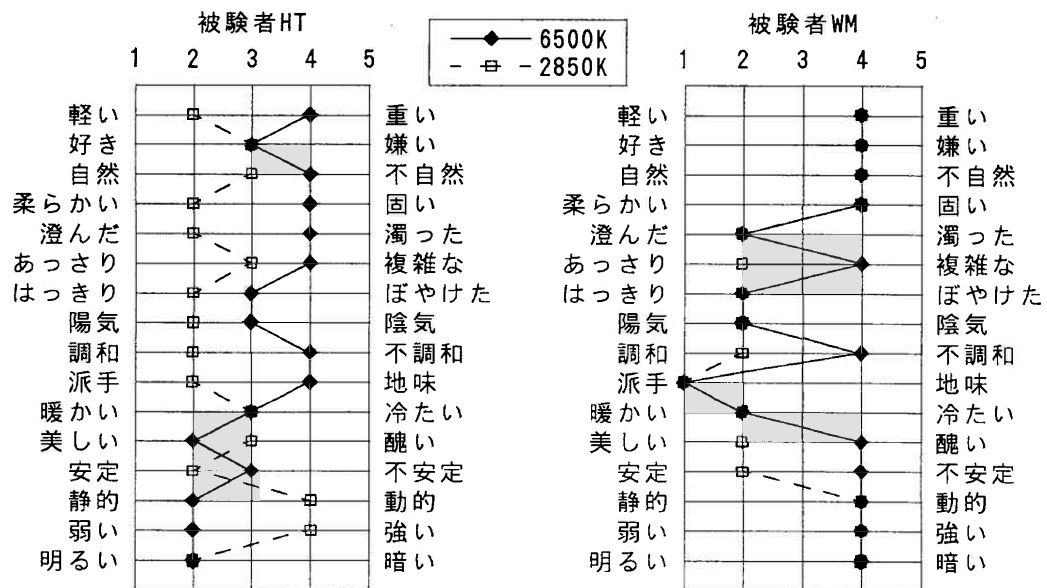


図15 放射能の赤紫 (2.5RP6/14) の形容詞対による評定

3-2-1 停止の赤 (5R4/12)

図10より停止の赤は、被験者HT、被験者WMともに「はっきり」「陽気」「調和」「派手」「暖かい」「動的」「強い」と評定する傾向にあることがわかる。また評定の程度は両被験者ともに色温度2850Kの場合の方が色温度6500Kの場合より大きい傾向が認められた。

3-2-2 安全の緑 (5G5/6)

図11より安全の緑は、両被験者とも共通して「柔らかい」「暖かい」「美しい」側に評定することがわかる。しかし他の形容詞対については評定の傾向が被験者によって異なり、色温度6500Kの場合のとき被験者HTは「重い」「嫌い」「濁った」「複雑な」「ぼやけた」「陰気」「不安定」「弱い」側に評定したのに対し、被験者WMは「軽い」「好き」「自然」「澄んだ」「あっさり」「陽気」「調和」「地味」「安定」「動的」「強い」「明るい」側に評定し、被験者によって異なる評定をする傾向が認められた。

3-2-3 注意の黄 (2.5Y8/10)

図12より注意の黄は、被験者HT、被験者WMともに「軽い」「好き」「柔らかい」「あっさり」「はっきり」「陽気」「派手」「暖かい」「美しい」「動的」「強い」「明るい」側に評定する傾向が見られた。評定の程度に照明条件による差異は認められなかった。

3-2-4 危険の黄赤 (2.5YR6/14)

図13より危険の黄赤は、注意の色とほぼ同様の傾向が認められ、両被験者とも「好き」「はっきり」「陽気」「調和」「派手」「暖かい」「美しい」「動的」「強い」「明るい」と評定される傾向が見られた。評定の程度に照明条件による差異は認められなかった。

3-2-5 用心の青 (2.5PB5/6)

図14より用心の青は、被験者HT、被験者WMともに「濁った」「複雑な」「ぼやけた」「陰気」「地味」「冷たい」「静的」「暗い」側に評定される傾向にあり、停止や注意、危険の色とは反対側に評定する傾向が見られた。また両被験者ともに照明条件による評定の違いはほとんど認められなかった。

3-2-6 放射能の赤紫 (2.5RP4/10)

図15より放射能の赤紫を、両被験者ともに「重い」「不自然」「固い」「複雑な」「不調和」側に評定した。「美しい－醜い」「静的－動的」「弱い－強い」「明るい－暗い」については、被験者によって評定の異なる傾向が見られた。また色温度2850Kの場合では色温度6500Kの場合に比べて両被験者ともに「あっさり」「調和」「安定」側に評定されることがわかった。

3-3 安全色彩の対比感評定値と形容詞の関係

図16～図19は、被験者HTと被験者WMの対比感評定値と各形容詞対の関係を安全色彩について示している。ここでは、傾向が顕著に認められた形容詞対「弱い－強い」(図16)、「はっきり－ぼやけた」(図17)、「静的－動的」(図18)、「暖かい－冷たい」(図19)との関係を示す。

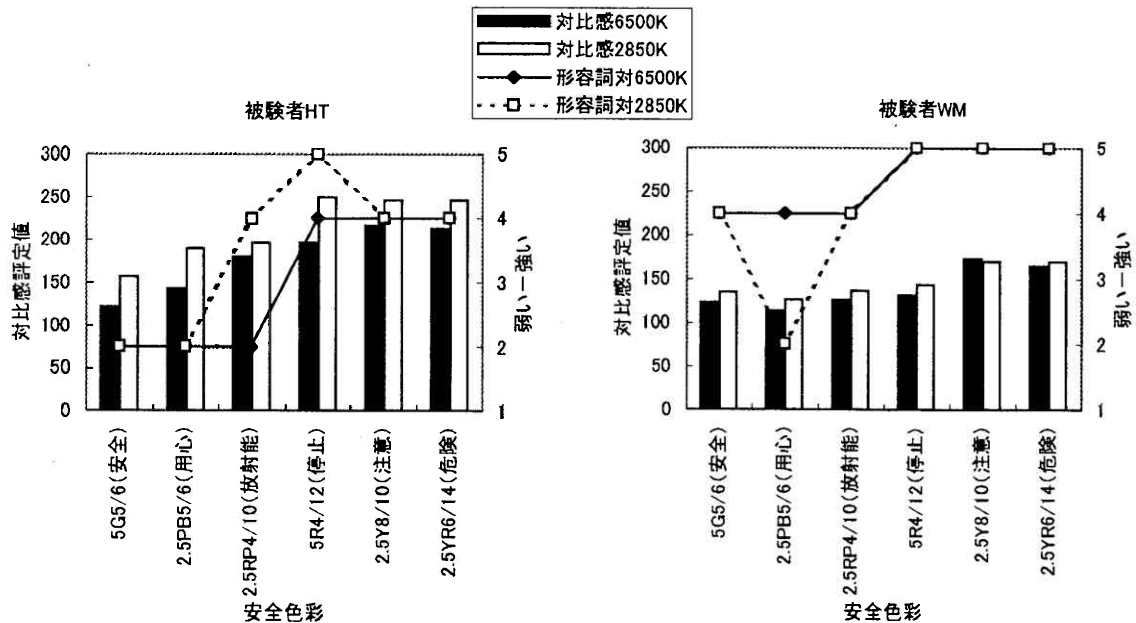


図16 形容詞対「弱い－強い」と対比感評定値の関係

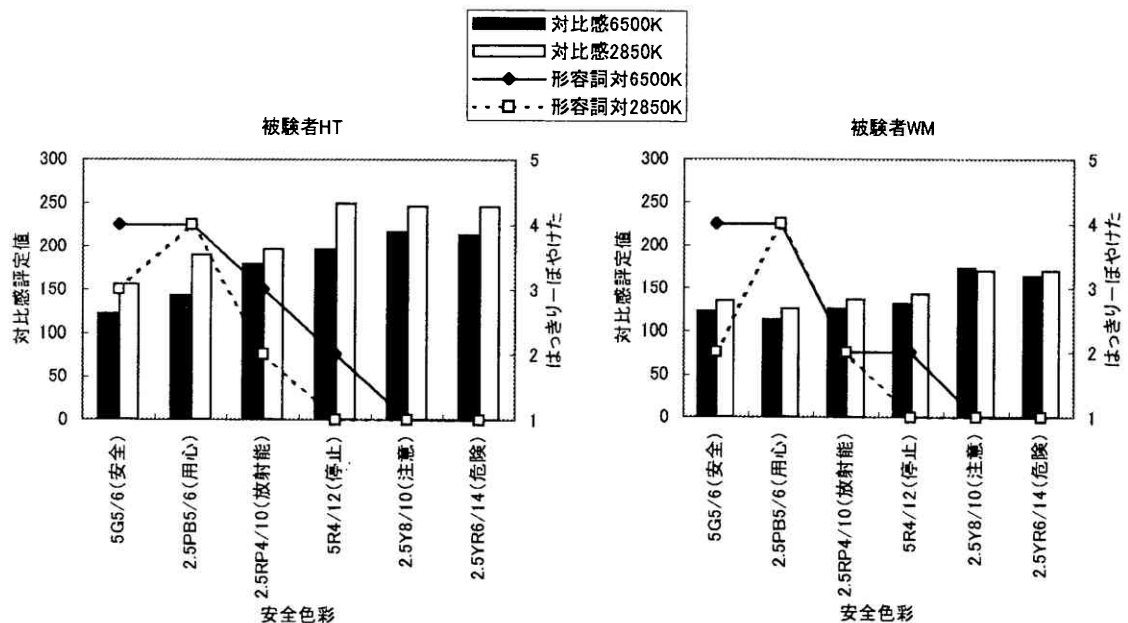


図17 形容詞対「はっきり－ぼやけた」と対比感評定値の関係

色温度を変えた場合の安全色彩と周辺環境に使われる色の評価について

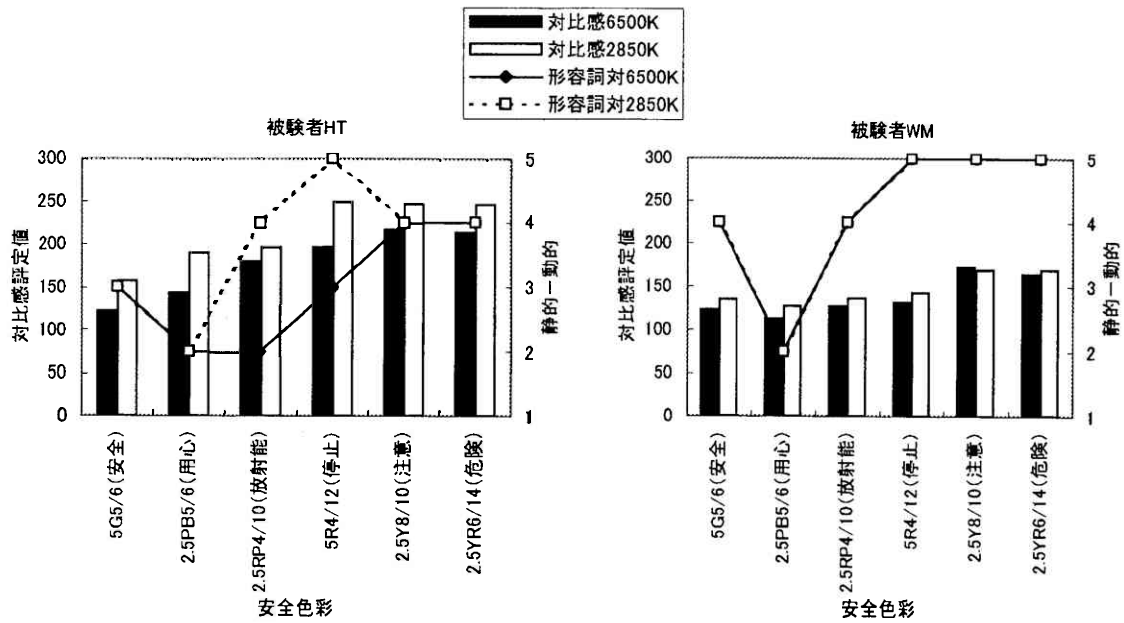


図18 形容詞対「静的-動的」と対比感評定値の関係

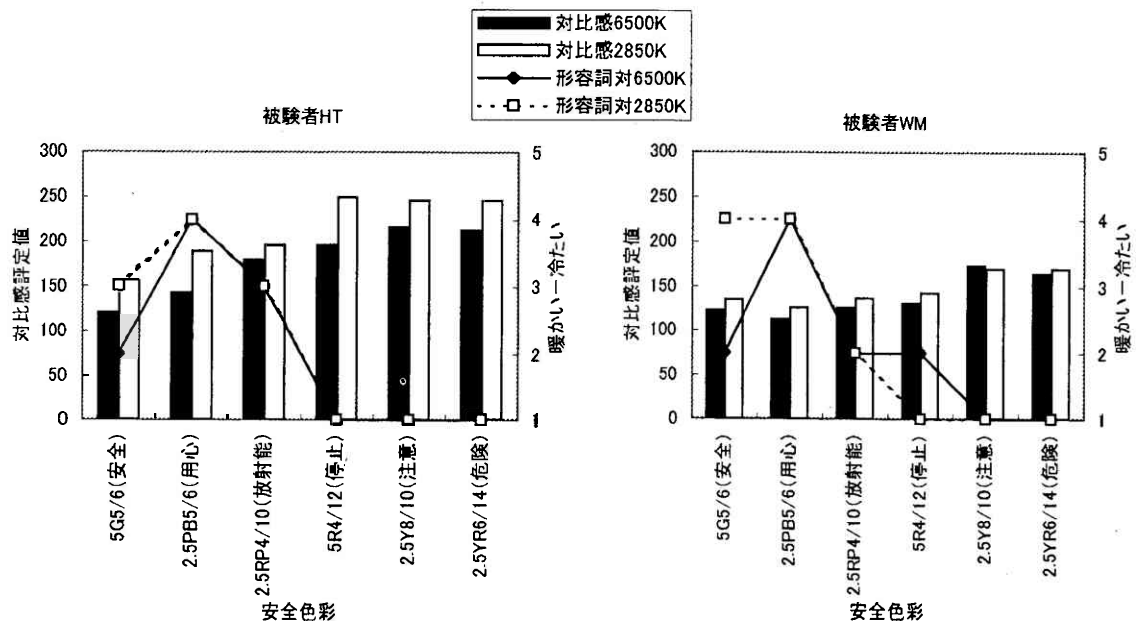


図19 形容詞対「暖かい-冷たい」と対比感評定値の関係

図16より形容詞対「弱い－強い」において、両被験者ともに対比感評定値が大きくなるほど「強い」側に評定されることがわかる。また図17より形容詞対「はっきり－ぼやけた」においては、対比感評定値が大きくなるほど「はっきり」側に評定されることがわかる。これより、「弱い－強い」「はっきり－ぼやけた」の形容詞対は、対比感評定値と対応しているといえる。

次に図18より形容詞対「静的－動的」において、両被験者ともに対比感評定値が大きくなるほど「動的」側に評定されることがわかる。また図19より形容詞対「暖かい－冷たい」においては、対比感評定値が大きくなるほど「暖かい」側に評定されることがわかる。ただし、用心の青（2.5PB5/6）のみが対比感評定値の大きさにかかわらず、他の色と異なって「静的」および「冷たい」側に大きく評定される傾向が認められた。この要因として色相の影響が考えられる。したがって形容詞対「静的－動的」「暖かい－冷たい」は必ずしも対比感評定値と対応しているとはいえず、今後検討が必要である。

4 まとめ

2種類の照明条件下における有彩色視対象の対比感評定値と、その心理内容を形容詞対によって求め、安全色彩と周辺環境の色の見え方について検討した結果をまとめると、次のようになる。

- 1、JISで定められた安全色彩は他の有彩色に比べて対比感が大きく、なかでも停止（5R4/12）、注意（2.5Y8/10）、危険（2.5YR6/14）の色は対比感の大きいことがわかった。
- 2、停止（5R4/12）や注意（2.5Y8/10）、危険（2.5YR6/14）の色は「はっきり」「陽気」「派手」「動的」「強い」と評定されるのに対し、用心（2.5PB5/6）の色は「ぼやけた」「陰気」「地味」「静的」「弱い」と評定されることがわかった。
- 3、形容詞対「弱い－強い」「はっきり－ぼやけた」は対比感評定値との対応関係が認められ、対比感評定値が大きくなるほど「強い」「はっきり」側に評定されることがわかった。

本実験の被験者は、対比感評定値の変動が大きかった者と、変動の小さかった者が存在した。変動の大きかった被験者については、色温度2850Kの場合の方が色温度6500Kの場合に比べて全体的に対比感の大きくなる傾向が認められた。また変動の小さかった被験者については、対比感評定だけでなく、形容詞対による評定においても照明条件による差異は認められなかった。今後は、さらに被験者を増やして評定実験を行い、安全色彩と周辺環境の色の見え方について検討する必要があると考える。

参考文献

- 1) 大野、佐藤、榑崎：視対象の色相が見え方に及ぼす影響、日本建築学会近畿支部研究報告集、1986
- 2) 佐藤、大野、榑崎：無彩色視対象の見え方と対比感の関係、日本建築学会近畿支部研究報告集、1986
- 3) 樋口、大野、佐藤、榑崎：有彩色視対象の見え方評価における色差式の適合性、日本建築学会大会学術講演梗概集、1987
- 4) 樋口、大野、佐藤、榑崎：有彩色視対象の対比感と分光放射輝度の関係、日本建築学会近畿支部研究報告集、1988
- 5) 大野、佐藤、轟、榑崎：有彩色視対象の見え方についての基礎的研究、照明学会講演論文集18、pp.87、1985
- 6) 大野、佐藤、榑崎：有彩色視対象と背景との総合対比の定量化に関する基礎的研究、第3回色彩工学コンファレンス論文集、pp.53-56、1986
- 7) 神農、大野：安全色彩と周辺環境に使われる色の評価について—青年男女の場合—、平成15年度電気関係学会関西支部連合大会講演論文集G289、2003
- 8) 高浜：知覚色提示技術の目指すもの、電子技術総合研究所大阪ライフエレクトロニクス研究センター研究講演会、pp.1-4、1996
- 9) 佐藤隆二：見やすさに基づく明視照明設計法に関する研究、大阪大学学位論文、1980
- 10) 大井、川崎：カラーコーディネーター入門色彩、日本色研事業株式会社、pp.33