

居住空間における内装材料の視覚的質感の対比効果に関する研究

主査 北村 薫子*¹

委員 神農 悠聖*², 原 直也*³, 大野 治代*⁴, 野口 太郎*⁵

本研究は、居住環境に使用される色彩や質感について得られる視覚上の対比効果に関する基礎的知見を得ることを目的としている。視対象と背景との主観的・総合的な違いの程度を対比感と定義し、試料の対比感と等価になるよう無彩色色票を選択する主観評価実験を行った。一方、対比感を左右すると考えられる試料表面の見え方の視標としてデジタルカメラによる測光測色値から背景との輝度対比や色差を算出し、対比感との対応を検討した。一連の考察の結果、有彩色の対比感と等価な輝度対比を求めて色相・彩度の影響の程度を明らかにするとともに、光の入射角度による質感の差異を把握し、測光測色値によって対比感を表現する可能性を示唆した。

キーワード：1) 対比効果, 2) 対比感, 3) 主観評価, 4) 内装材, 5) 光環境,
6) 測光測色, 7) 色彩, 8) 質感, 9) 輝度対比, 10) 色差

CONTRAST EFFECT OF COLORS AND TEXTURES USED FOR LIVING ENVIRONMENT

Ch. Shigeko Kitamura

Mem. Masami Kono, Naoya Hara, Haruyo Ohno and Tarow Noguchi

This investigation aims to gain a basic understanding on contrast effect of surface color and texture used for living environment. We define the subjective contrast as an extent of subjective and comprehensive variation between a visual target and its background. In this report, the relations between the subjective contrast and color, texture and luminous contrast was clarified. It could be said that the subjective contrast was influenced by Munsell hue and chroma. The subjective contrast of surface texture could be declared by its luminous contrast and color difference.

1. はじめに

居住環境に使われる内装材料の見え方は、その色彩、模様、テクスチャー、照明環境など種々の要因に影響されている。色彩についてはその見え方が広く研究されているものの、より多くの影響要因を持つ質感については、色彩と別個に扱われることが多く、それらの総合的な感じられ方は十分に研究されているとは言えない。種々の内装材料に身近に接している居住環境で、人々が心理・生理的に受ける影響を予測すること、その影響に基づいて材料を分類、記述することは内装計画の上で非常に有用であることから、色彩だけでなく質感も含めた総合的な検討が必要である。

質感は主に視覚と触覚によって得られる印象であることから、研究においてもこの両面からのアプローチがみられる。視覚に関しては、表面の光沢の程度^{文1)}や凹凸による見えの粗さ^{文2)文3)}を定量的に求める試みのほか、照明環境によるテクスチャーの見えの変化^{文4)文5)}を明らか

にしようとするものがある。触覚に関しては、建材の触覚的特性^{文6)}、床材のすべりやすさ^{文7)}、布地の風合い^{文8)文9)}を扱う研究などがある。また、視覚と触覚ともに含めて質感の評価構造を明らかにする研究^{文1)文6)}は分野を問わず幅広く行われている。

色彩については表色系(XYZ表色系やマンセル表色系など)及びそれに対応した測色法(視感測色方法や物理測色方法など)が確立され、色彩を情報として記述・伝達することができる。さらに、近年提案されたCIECAM02^{文10)}は主観的な色見え方を予測することができる。

これら従来の研究の多くが単一の対象試料の質感や色彩を検討したものであり、複数の質感や色彩相互の関係を扱ったものは少ない。近接する2つの色彩について検討されたものとして大野の報告^{文11)文12)}があり、背景と視対象の色彩の主観的な違いの程度を対比感として定量化する試みがある。居住空間への応用を見据えた場合、複数の色彩の相互の対比効果を定量的に捉えることは有用

*1 武庫川女子大学生生活環境学部 講師

*4 大手前大学社会文化学部 教授

*2 大手前大学社会文化学部 講師

*5 関西大学工学部建築学科 教授

*3 関西大学工学部建築学科 講師

であり、さらにテクスチャーを含めて質感と色彩を総合的に扱うことで内装計画や家具、インテリアテキスタイルなどの組み合わせの提案に役立つと考えられる。

1.1 本研究の目的と概要

本研究は、背景と視対象の組み合わせから得られる総合的・主観的な違いの程度を対比感と定義し、対比感を用いて居住空間に使用される内装材料の色彩及び質感の視覚的な対比効果を定量的に把握することを目的とする。

主観評価により対比感を求めるにあたり、既往研究^{文11)文12)}で用いられた実験手法を一部取り入れた。一対の無彩色の対比感を基準として有彩色の対比感を数値で評定(ME法)させる手法を参考にし、本研究では色彩や質感の対比感をそれと等価な無彩色の対比感を選択することで評定させ、色彩と質感を一元化して取り扱うことを試みた。無彩色色票と無彩色背景の組み合わせで構成した明度スケールを利用し、提示する評価対象試料と背景との違いの程度と等価である組み合わせを明度スケールから選択させる方法である。すなわち、選択した無彩色色票と背景との対比感が、評価対象試料と背景との対比感を示すといえることから、明度スケールの無彩色色票と背景の明度差、または明度差から算出される輝度対比を対比感の程度を示す指標として扱う。

対比感と等価な明度差を種々の光環境下で用いるためには、明度差から輝度対比を求めることが有用である。材料表面の特徴を撮影画像から解析する試み^{文13)}もあるが、そのためにはまず測光測色値を求める必要がある。デジタルカメラを利用することで、輝度計などでは従来測定できなかった材料表面の微細な部分の測光測色が可能となり^{文14)文15)}、観察者の視覚刺激を直接記録することが出来るようになったことから、本研究では、この測定法を用いて試料や無彩色色票及び背景の測光測色値を算出し、輝度対比を用いて色彩やテクスチャーの特徴を表現することで、対比感との対応を定量的に考察する。

1.2 本報告の構成

本報告は、種々の光環境場において材料を観察した際の視覚刺激を測光測色値に基づいて記述する部分と、材料の色彩と質感の対比効果を把握する部分から構成される。これらに先立ち、使用した実験装置及び条件を述べる(2章)。材料の視覚刺激の記述(3章)では、住宅内装に使用される色彩と表面性状をもつ材料を対象とし、材料の組合せで得られる視覚上の対比感を説明し得る表面の視覚刺激の特徴を特定することを目的とした。色彩と質感の対比効果の把握(4章、5章)では、観察対象である材料と色票それぞれの対比感を評定させる主観評価実験を行い、対比感を定量的に把握した。さらに、材料の対比感と材料表面色を基に視感調色した色票の対比感を比較することで、相互の影響を考察した(6章)。最後に全体の概要と結果、今後の課題をまとめた(7章)。

2. 実験概要

3～5章で述べる実験は、いずれも同じ実験装置を用いた。4章、5章では、無彩色背景と15色の無彩色色票からなる明度スケールを用い、背景と試料の対比感と等価になるよう無彩色色票を被験者に選択させる主観評価実験を行った。

2.1 実験装置

図2-1に実験装置の平面図と断面図を示す。

明度スケールの無彩色色票と試料は同じ大きさ及び形状(1辺8cmの正方形)で、これを被験者に視方向45°、視距離約50cmの位置から観察させた。被験者から見て左に試料、右に無彩色色票を提示した。無彩色色票は明度スケール(回転盤)を回転させることによって現れる。試料及び無彩色色票の背景はN7.0の無光沢色紙(日本色研事業(株)製)で平面図の点線で示す範囲とした。明度スケールの無彩色色票はN2.5～N9.5の0.5間隔の計15段

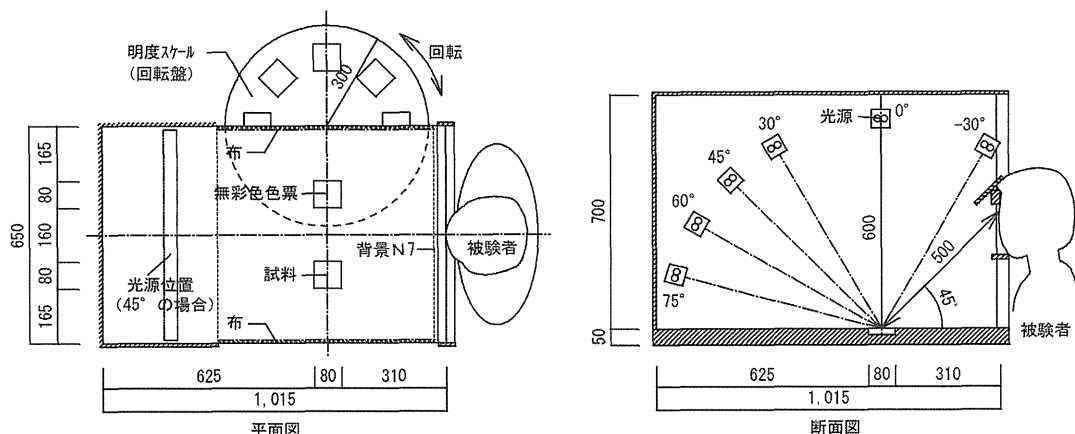


図 2-1 実験装置

階の無光沢色票とした。このうち背景との輝度対比が正となる N2.5～N7.0 の無彩色色票を正対比スケール、負となる N7.0～N9.5 の無彩色色票を逆対比スケールとし、さらに正対比スケールを2枚の回転盤に分け(回転盤1枚につき8種類の無彩色色票,うち6種類を重複),計3枚とした。評価は条件に応じて正対比スケールまたは逆対比スケールを用いて行った。

光源は昼白色ツイン蛍光灯 40W1 灯を図 2-1 に示すように設置した。光の入射角度は視対象法線方向である 0°, 被験者側の 30° (以下, -30°), 被験者の反対側に 30°, 45°, 60°, 75° の6条件とした。視対象面照度は一定とし, 500lx になるように光源を調光した。実験時は被験者から光源が見えないよう被験者上部の庇を調節した。

光源の設置方向は, 材料との位置関係による影のでき方及び被験者の観察方向による影の見え方の違いを考慮し, 被験者側から見て前後方向に位置する場合と, 明度スケール・試料の位置を 90° 回転させた左右方向に位置する場合とすることができる。

装置内部は黒の無光沢塗装とし, 条件に応じて内装(以下, 周辺色)を黒の状態か, 無光沢の布で覆うことにより約 N7.0 の状態とした。

2.2 実験方法

被験者に実験装置の評価位置で5分間程度, 装置内の明るさに順応させた。その後, 明度スケールの無彩色色票と試料を同時に観察させ, 試料の対比感と等価な無彩色色票を明度スケールの中から選択させた。教示は「左の試料と背景との違いの程度と, 右の無彩色色票と背景

の違いの程度が同じになるように円盤を動かしてください」とした。また, 試料と背景との違いの程度が明度スケールのうち最も違いの程度の大きい無彩色色票(正対比の場合 N2.5, 逆対比の場合 N9.5)よりも大きい場合は, 無彩色色票と背景との違いの程度を 100 として, 試料と背景との違いの程度を 100 以上の数値で回答させた。なお, 試料はランダムな順に提示した。

2.3 試料

評価に用いた試料(計79種類)を表2-1に示す。

色票は59種類で, 全て日本色研事業(株)製の無光沢色票とした。基準色票は, 有彩色として5R, 5Y, 5G, 5B, 5Pの5色相, 明度3, 5, 7の3段階, 彩度2, 6の2段階に, 無彩色 N3, N5 を加えた28種類の色票である。拡張色票は基準色票と同色相, 同明度における彩度4, 8の2段階の19種類の色票である。このなかで有彩色は色相や明度によって色票を作成できる彩度の範囲が限られているため, 設定した彩度の色票が作成できない場合はできるだけ近い彩度の色票を作成してもらった。加えて, 目立つ色として安全色(JIS Z 9104)6種類を選定し, 安全色色票とした。

材料は内装仕上げ材として使用頻度の高いものを中心に20種類とした。また, 表中*印で示す5種類の材料を代表的な色を有するものとして, 表面の総合的な色と等価な色票を色研事業部で視感測色により作成してもらい, 材料色色票とした。ただし木目模様を有する合板<チーク>は, 試料の地の色(薄い色)と木目部分(濃い色)をそれぞれ調色した。従って, 材料色色票は計6種類とした。

表 2-1 試料

基準色票28種類			拡張色票19種類			材料 20種類
色相	明度	彩度	色相	明度	彩度	
5R	3	2, 5.24	5R	3	4	ビニルクロス＜平滑＞* ビニルクロス型押し＜小＞ ビニルクロス型押し＜大＞ ビニルクロス型押し＜スタッコ塗＞ ビニルクロス型押し＜布＞ ビニルクロスプリント＜コンクリート＞ ビニルクロスプリント＜大理石＞ ビニルクロスプリント＜御影石＞ ビニルクロス合板プリント＜杉＞* ビニルクロス合板プリント＜チーク＞ ビニルクロス合板プリント＜ウォールナット＞ 合板＜チーク＞* 布クロス＜光沢なし＞* 布クロス＜光沢あり＞ カットカーペット ループカーペット コルク 竹網代 れんがタイル* 磁器タイル
	5	2, 6		5	4, 8	
	7	2, 6		7	4, 8	
5Y	3	1.74	5Y	3	－	
	5	2, 6		5	4	
	7	2, 6		7	4, 8	
5G	3	2	5G	3	3.24	
	5	2, 6		5	4, 8	
	7	2, 6		7	4, 7.56	
5B	3	2	5B	3	3.5	
	5	2, 6		5	4	
	7	2, 6		7	4	
5P	3	2	5P	3	4	
	5	2, 6		5	4	
	7	2, 6		7	4	
N3.0, N5.0						
材料色色票 6種類			安全色色票 6種類			
7.5Y9/1	(布クロス＜光沢なし＞)		10G4/6.5	(緑・安全)		
5Y9/1	(ビニルクロス＜平滑＞)		2.5PB3.5/8	(青・用心)		
10YR8/4	(ビニルクロス合板プリント＜杉＞)		2.5RP4/7	(赤紫・放射能)		
7.5YR6/6	(合板チーク＜薄色＞)		7.5R4/11	(赤・停止)		
7.5YR5/6	(合板チーク＜濃色＞)		2.5Y8/13.5	(黄・注意)		
5YR5/4	(れんがタイル)		2.5YR6/13	(黄赤・危険)		

材料の対比感を評定させた実験(4 章)では、主に材料 20 種類を対象とし、基準色票と材料色票を加えた計 54 種類を評定させた。色票の対比感を評定させた実験(5 章)では、主に基準色票 28 種類を対象とし、拡張色票 19 種類、安全色色票 6 種類、材料色票 6 種類を加えた計 59 種類を評定させた。両実験ともに基準色票と材料色票の計 34 種類を共通の試料とした。

2.4 光環境条件

光環境条件として、周辺色が黒と N7 の 2 条件、光の入射角度が-30, 0, 30, 45, 60, 75° の 6 条件、光源の設置方向が前後と左右の 2 条件を、それぞれ組み合わせて設定した。

2.5 実験条件

実験条件を表 2-2 に示す。まず基本となる実験条件を設定し、それを基に試料や周辺色、光源の角度、光源の設置方向、明度スケールの正逆対比の異なる実験条件を組み合わせた。

材料を評定させた実験では、周辺色を主に黒として周辺の反射光を吸収させ、できるだけ光の指向性の強い環境とした。主たる実験変量を光の入射角度とし、角度 6 条件について対比感を評定させた。

色彩を評定させた実験では、装置内の光が拡散状態となるよう主に N7 を周辺色とした。主たる実験変量を色票における色相・明度・彩度として、対比感を評定させた。

2.6 実験期間・実験場所・被験者

実験期間は 2004 年 12 月～2005 年 7 月、主に材料を評定させる実験を武庫川女子大学、主に色票を評定させる実験を大手前大学で行った。被験者はいずれも平均年齢約 22 歳の大学生 5 名で、全員色覚正常者であった。1 名につき同一条件を 3 回評定させた。

3. 材料表面の視覚刺激を表す指標

本章では、主観評価実験における観察試料の視覚刺激としての輝度と色度を測定し、対比感を左右する指標として、試料と背景との輝度対比や色差、輝度や色度のばらつきを記述する。材料表面の光学的な表面特性につい

ては、次報以降で報告したい。

観察対象とした色票は、表面特性を統一して作成されたものであるため同一試料面内の測光測色値のばらつきは小さく、色彩輝度計により得た測光測色値から見え方に対応するデータが得られた。一方、内装材料は表面性状が複雑であるため色彩輝度計では凹凸や模様による測光測色値の微細なばらつきを得ることが出来ず、その見え方や対比感を表現するデータとして十分とは言えない。そこで、微細な領域の測光測色値を得るために、観察位置に設置したデジタルカメラで撮影した画像から、各ピクセルに対応した測光測色値を得た。

ここではデジタルカメラを利用した内装材料の測光測色値の導出と、観察条件のうち、光の入射角度による輝度対比や色差、輝度や色度のばらつきを検討する。

3.1 デジタルカメラを用いた測光測色の方法

デジタルカメラ(Minolta Dimage7i)で、ホワイトバランス・晴天、撮影距離 42cm、画像形式 JPEG(2560×1920 ピクセル)、Zoom の条件を固定し、4 種の露出(露光時間・絞り[F 値]が 1/20・8, 1/3・8, 3.0・8, 3.0・2.8)の組み合わせで、撮影画像の RGB 諧調値と色彩輝度計による測色値(三刺激値 XYZ)との対応関係を把握した。詳細は既報を参照されたい^{文 15)}。

3.2 材料表面の測光測色値

被験者の観察位置から、2 章で述べた観察条件における試料及び明度スケールを撮影し、上記の対応関係に基づいて画像の各ピクセルの測色値を得た。

撮影画像から、試料部及び背景部の一辺が 4, 10, 20, 50, 100, 200 ピクセル(それぞれ試料面で 0.15, 0.37, 0.74, 1.84, 3.68, 7.35mm, [約 27.2 ピクセル/mm])の正方形領域を抽出し、撮影画像の RGB 諧調値と色彩輝度計の測色値との対応関係を用いて、ピクセルごとに測色値(輝度と CIE1976L*u*v*表色系における u', v')を算出した。試料部の抽出領域は試料の中央付近であり、背景部は撮影画像上部の試料部に近い位置を選定した。画像撮影時に試料の位置やカメラの方向が若干ながら異なるため、全く同じ位置の測光測色値は得られていない。抽出領域の大きさごとに測光測色値の平均と偏差を算出した。なお、輝度の平均は幾何平均とし、輝度の偏差 ρ は対象

表 2-2 実験条件

	主に材料を評定させた実験						主に色票を評定させた実験					
	基本	試料	周辺色	方向	角度	正・逆	基本	試料	周辺色	方向	角度	正・逆
周辺色	黒	黒	N7	黒	黒	黒	N7	N7	黒	N7	N7	N7
光源の設置方向	前後	前後	前後	左右	前後	前後	前後	前後	前後	左右	前後	前後
光源の角度(°)	45	45	45	45	-30, 0, 30, 60, 75	45	0	0	0	0	45	0
明度スケール	正	正	正	正	正	逆	正	正	正	正	正	逆
試料	材料	基準色票 材料色票	材料	材料	材料	材料	基準色票	拡張色票 安全色色票 材料色票	基準色票	基準色票	基準色票	基準色票

領域の各ピクセルの輝度 L とそれらの幾何平均 L_m から算出した幾何平均に対する平均的なばらつきを比率で表す値である。

図3-1に背景部の輝度及び色度と光源の角度との関係を示す。左軸は輝度または色度、右軸は偏差で、それぞれ図中記号を黒色と灰色で示す。凡例は抽出領域一辺のピクセル数の違いを示す。図は試料部がビニルクロス＜平滑＞の場合であるが、他の材料の場合でも背景の輝度や色度に大差がないため、これを例として以下に述べる。

図3-1a)は輝度と輝度の偏差であり、同一照度であっても光源の角度が大きいかほど輝度が高いことから、表面が均等拡散性とは言えない。輝度の偏差は小さく、抽出領域の大きさの違いによる輝度や偏差の差異は小さい。

図3-1b), c)は、それぞれ色度 u' , v' の平均とその偏差であり、光源の角度が 45° 以上で色度が変化した。異なる抽出領域の大きさでの色度の差異は小さい。

主観評価実験で使用した試料のうち6種類について得られた測光測色値の結果を図3-2に示す。図中の軸及び記号の表記は図3-1と同様である。概して光源の角度が大きいかほど輝度が高く、光源の角度によって色度も異なる。この傾向は、色味のある材料に顕著にみられた。光の入射角が大きいかほど材料表面からの反射光に占める表皮反射成分の割合が増すことから考えると、相内反射性文で示される材料固有の色から表皮反射成分で示される光の色に近づく方向に色度が変化したといえる。ただし、れんがタイルのように拡散性が高い材料では色度の変化は比較的小さく、光の入射角による測光測色値の変化は表面の特性に大きく依存すると考えられる。

材料表面に模様や凹凸のある材料では抽出領域の大きさによる輝度や色差に差異が見られ、光源の角度によって色度や輝度及びそれらの偏差に差異がみられた。

以上のように、デジタルカメラを用いることで、材料表面の特性を反映した視覚刺激としての測光測色値を把握できたといえる。

3.3 試料の輝度対比と色差

同一画像において抽出領域を変えて得られた測光測色値の平均値を用いて、試料部と背景部との輝度対比及び

色差を算出した。輝度対比は背景と試料の輝度差を背景輝度で除した値である。

図3-3に明度スケールの明度差と輝度対比との関係を示す。光源の角度 0° における分光放射輝度計(MinoltaCS1000)による測定から求めた輝度対比(周辺色がN7の場合□, 黒の場合■)と、光源の各角度におけるデジタルカメラによる測定から求めた輝度対比を凡例を変えて示す。デジタルカメラによる測定から求めた輝度対比は、抽出領域の大きさごとに得られた輝度対比を平均した値である。

周辺色が異なっても分光放射輝度計による輝度対比は同程度であり、デジタルカメラによる輝度対比も光源の角度 $0\sim45^\circ$ までは大差のない値であることから、デジタルカメラによる測定はある程度妥当と言える。 60° , 75° のように光源の角度が大きいか場合は、抽出領域とした背景部と試料部の照度が若干異なる可能性があり、その照度比が輝度対比に影響したと推察される。すなわち、光源の角度が大きく照度分布が生じやすい条件では、撮影画像から同照度の領域を抽出して輝度対比を算出するなどの対策が必要であると示唆される。

図3-4に光源の角度と輝度対比及び色差との関係の例を示す。ここに挙げるものが、光源の角度による輝度対比や色度の変化の傾向が顕著に異なる例である。記号は図3-1と同様で、輝度対比が正の場合を白抜き、負の場合を塗りつぶして示す。

合板＜チーク＞では光源の角度が大きいかほど輝度対比と色差ともに小さいのに対し、ビニルクロス合板プリント＜チーク＞では、光源の角度が大きいか場合に輝度対比や色差が若干大きい。この両者はほぼ同じ木目模様をもつが、素材が異なることから反射の様子に差異が生じたと考えられる。ビニルクロスプリント＜コンクリート＞では、光源の角度による輝度対比や色差の差異は比較的小さい。布クロス＜光沢なし＞では光源の角度が大きいか場合に輝度対比が大きい。この4種類の材料は表面に模様や凹凸のあるもので、抽出領域の大きさによって輝度対比や色差にばらつきがみられる。一方、表面に模様がなくほぼ平滑なビニルクロス＜平滑＞や磁器タイルでは、光源の角度 60° で輝度対比が極端に大きい。色差もほぼ

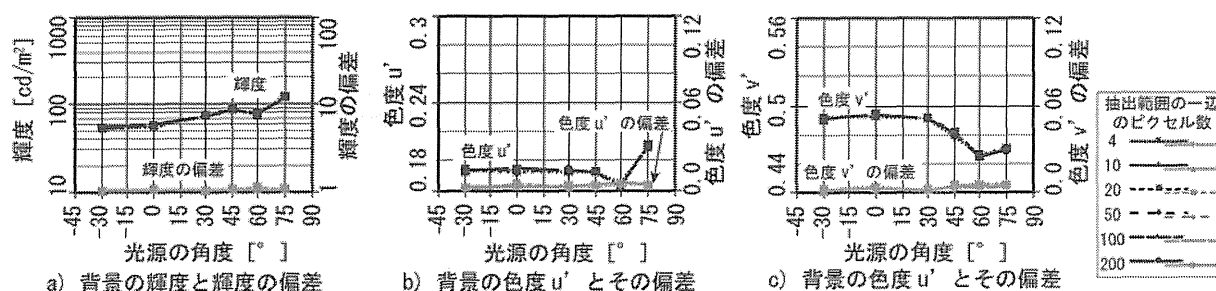


図3-1 背景の輝度及び色度と光源の角度との関係（試料部がビニルクロス＜平滑＞の場合）

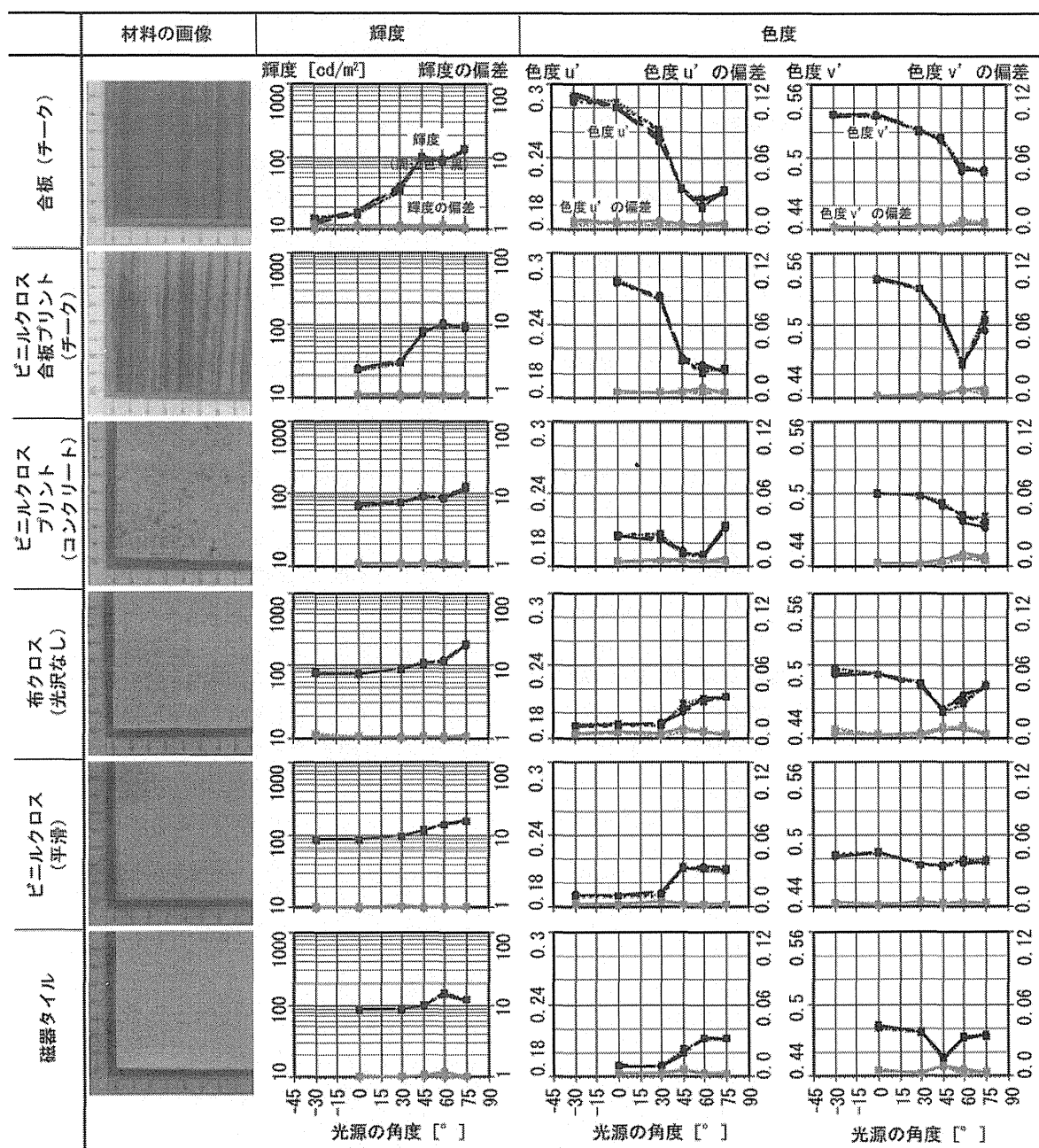


図 3-2 光源の角度と材料の輝度及び色度との関係

同じ傾向であり、鏡面反射が生じているといえる。

以上のように、デジタルカメラによる撮影画像の解析から、光源の角度に代表される光環境場に応じて、表面の凹凸や模様などを反映させながら材料と背景との差異を輝度対比や色差として定量的に捉えることができた。

同様の手法を用い、材料と同色の材料色色票を比較したものを図 3-5 に示す。縦軸は輝度対比または色差、横軸は各材料名で、図中記号の色により材料もしくは材料色色票を示す。光源の角度は 45°、周辺色は黒である。いずれの試料も材料と材料色の輝度対比の差が大きいのに対し、色差の差は比較的小さい。特に輝度対比に顕著な差がみられる合板<チーク>は、図 3-4 で述べたように光源の角度によって輝度対比が大きく

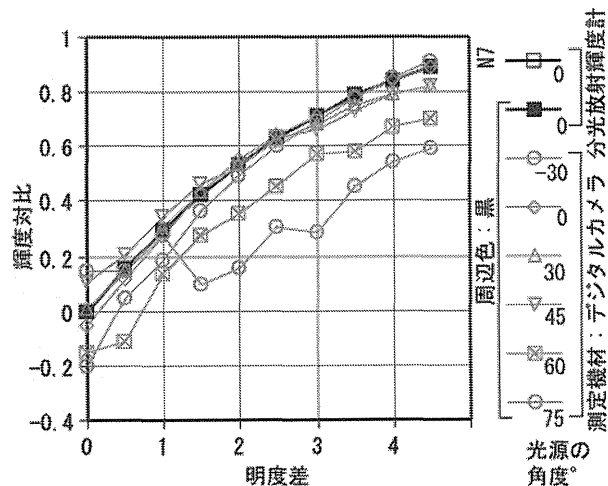


図 3-3 明度スケールの明度差と輝度対比との関係

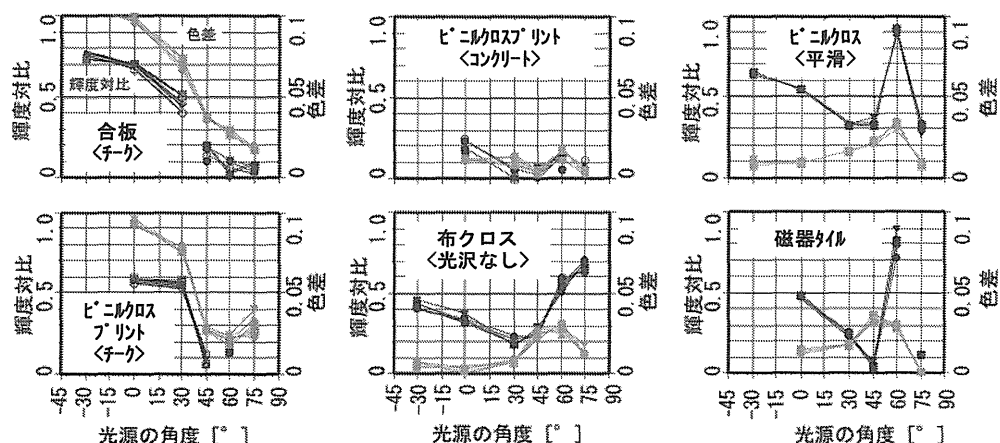


図 3-4 光源の角度と輝度対比及び色差との関係

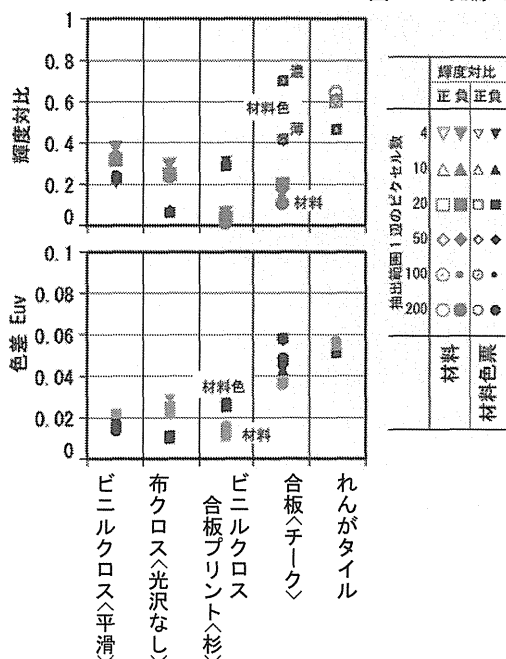


図 3-5 材料と材料色の輝度対比と色差
(光源の角度: 45° 周辺色: 黒)

変化する特徴を有する。すなわち、観察時の光環境によって見え方が大きく異なる。本節に示される材料と材料色の輝度対比・色差の差は、視感調色による材料色色票の作成時と実験における観察時との光環境の相違が一因と考えられる。この影響は、視感調色の精度と共に、他の材料と材料色との輝度対比及び色差との関係についても少なからず存在している。背景と材料の対比感と、背景と材料色色票の対比感を比較する場合には、材料表面のテクスチャーの違いだけでなく、図 3-4 に示す程度の色彩の違いがあることに留意しなければならない。

4 内装仕上げ材の質感の対比効果

本章では、一般的な内装仕上げ材を試料とした主観評価実験について述べる。

2 章で示した実験装置(図 2-1)および実験条件(表 2-2)において、背景と試料の総合的な違いの程度と等価な無彩色色票を選択することで対比感を評価させた。試料と

した 20 種類を表 2-1 に示す。材料固有の色彩を有するものはそのまま使用し、色彩を選択できるものはできるだけ無彩色高明度とした。光環境条件による表面の見え方の変化を検討するため、光の入射角度を主に 0, 30, 45, 60, 75° で変化させた(図 2-1 断面図)。評価にあたり参照する無彩色色票は明度 2.5~7.0 とした。

4.1 対比感と等価な明度差

3 章で述べたように、試料の表面性状を輝度対比と色差、及びその偏差で表わすことができる。本章においても、試料及び参照した無彩色色票の対比感を輝度対比により考察することが望ましいが、図 3-3 を用いて述べたように、入射角度が大きい場合(60~75°)の輝度対比の取扱いには、精度の面からさらに検討が必要と考えられる。従ってここでは、デジタルカメラの撮影画像から導出した輝度対比ではなく、被験者が選択した無彩色色票と背景との明度差を、対比感を表わす指標として用いる。

ほとんどの試料に対して明度スケールの範囲内で回答されていたが、一部の試料に対しては、参照した無彩色色票のうち最も明度差の大きいものよりも対比感が大きい、すなわち 100 以上の数値を用いて評価された。数値で回答されることの多い試料は、被験者間で共通した。数値を用いて回答したデータについては、明度スケール上の無彩色色票の対比感との連続性を検証するため今後の検討課題とし、ここでは取り扱わない。

3 回の評価において各被験者が選択した等価明度のばらつきは概ね 2 段階程度以内(図 4-1)であったことから、平均値で代表させて対比感の値とした。

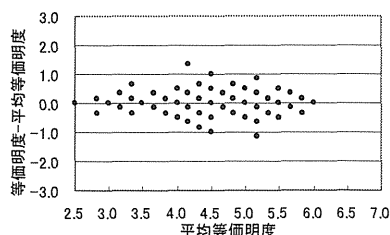


図 4-1 等価明度のばらつき (被験者 A0)

4.2 光の入射角度による材料の対比感の差異

光の入射角度と対比感との関係を図4-2に示す。横軸は入射角度、縦軸は対比感と等価な無彩色色票の明度差、凡例は被験者を示す。前述のとおり対比感を数値で回答した場合は図中に示していないが、縦軸最大値より大きい側の評価、すなわち対比感が大きいものとして扱う。使用した試料のうち表面凹凸、光沢、模様などが特異でないものとしてビニルクロス＜平滑＞を代表させ、これと比較することで他の試料の特徴を考察する。

1) 材料の表面凹凸の違いと対比感

図4-2上段に示すように、ビニルクロス型押し＜小＞と＜大＞を比較すると、入射角度0～45°では各被験者の対比感は大差はない。これに対し60°と75°では、0～45°より対比感を大きく評価する被験者(A0, MY)と小さく評価する被験者(MZ, TK)があり、この傾向は＜小＞より＜大＞で顕著であった。両者はいずれも凸部分が平らで、凹部分にさらに細かい凹凸がある。＜小＞より＜大＞のほうが凸部分の領域が大きい。入射角度が大きくなるにしたがって凹凸部分に生じる影の面積が増すため、影に着目して評価した場合には、見えの粗さの増大から対比感が増すと評価したと考えられる。一方で、入射角度が大きいと凸部分からの表皮反射が増えるため、光沢として着目した場合には、見えの平滑さの印象から対比感を

小さく評価したと考えられる。

入射角度0～45°より60～75°で対比感を大きい側あるいは小さい側に評価する傾向は、ビニルクロス型押し＜スタッコ塗＞でさらに顕著であった。＜スタッコ塗＞は＜大＞よりさらに凸部分の面積が大きいため、被験者の着目の違いが影響したと推察される。

2) 材料の光沢の違いと対比感

ここで用いる試料名の＜光沢なし＞＜光沢あり＞は、測光値に基づいたものではなく、一般的に光沢が生じやすい織り方を＜光沢あり＞、光沢の生じにくい織り方を＜光沢なし＞と命名したものである。図4-2の2段目に示すように、いずれの入射角度においても被験者4名(A0, MY, NK, TK)が＜光沢なし＞より＜光沢あり＞を対比感が大きいと評価した。これは、1つの方向(例えば正反射方向である入射角度45°)に明瞭な高反射部分が生じたのではなく、表面の織り目に分散した小さい光沢により全体が白っぽくなったために、背景N7からの明度差を大きく感じ、対比感を大きく評価したと考えられる。

同様のことがループカーペットとカットカーペットにもあてはまり、カットより光沢の生じやすい織り方であるループのほうが対比感は大きく評価される傾向がみられた(被験者MY, NK, TK)。

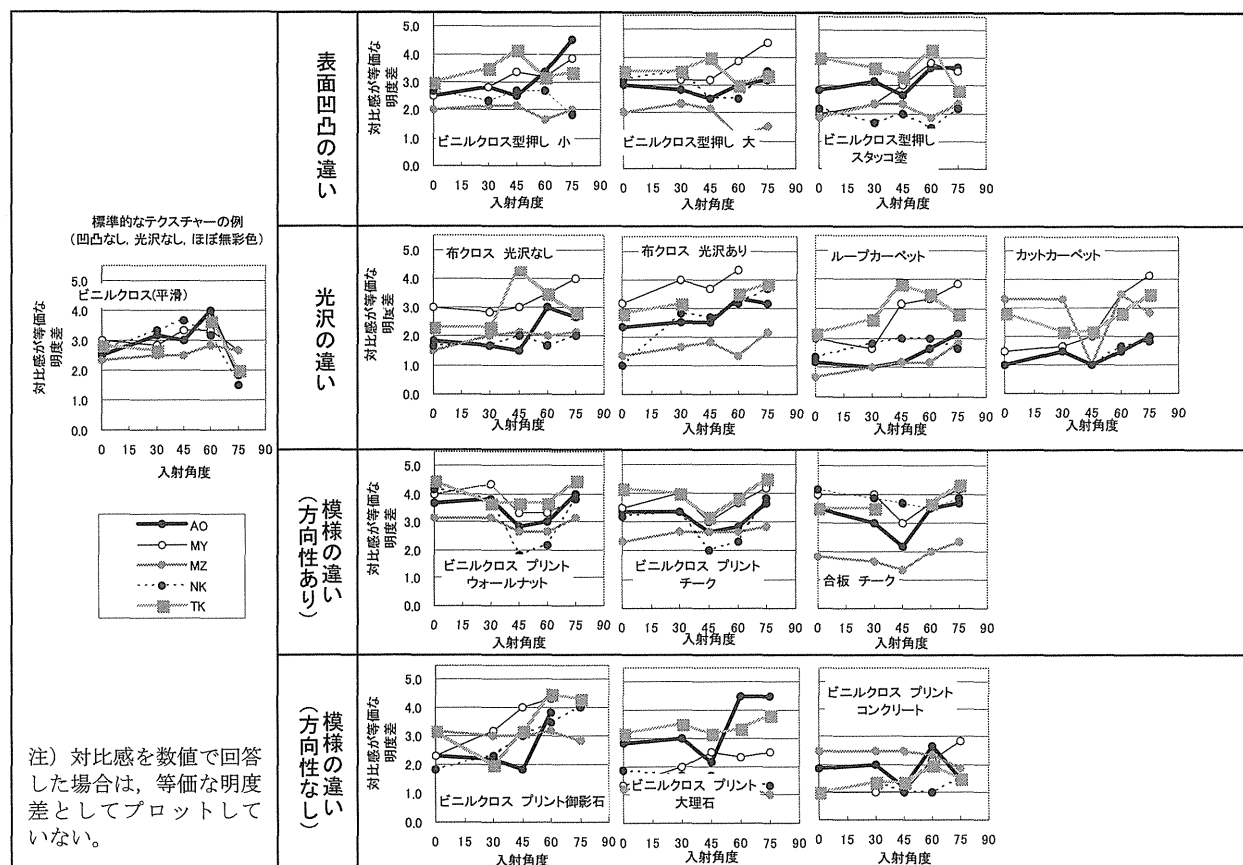


図4-2 光の入射角度と対比感との関係

3) 材料の表面模様の違いと対比感(模様の方向性あり)

3) 4) の材料は、表面が平滑で、模様としての色の変化がある。従って入射角度の変化に応じて表面の影が増えるのではなく、色見え方が変化する。木目のように模様の方向性のある場合を、図 4-2 の 3 段目に示す。

ビニルクロスプリント<ウォールナット>と同<チーク>は類似しており、入射角度 0, 30, 75°より 45~60°で対比感が小さく評価された。いずれも表面の明度が低く、入射角度 45°は被験者から正反射方向であるため高反射部分を明瞭な光沢部分として知覚すると推察される。

合板<チーク>は、入射角度 0~75°のうち 45°で対比感が最も小さく評価する場合(被験者 AO, MY, MZ)と、最も大きく評価する場合(被験者 TK)がある。被験者 TK は、入射角度 45°における合板<チーク>の対比感を数値で回答したためグラフ上に載っていないが、対比感を大きい側に評価している。合板<チーク>は前述 2 種類と同様に明度が低い光沢部分を知覚しやすく、光沢の明瞭さに着目して対比感を大きい側に評価する傾向が表れたといえる。一方、被験者 TK の傾向は、光沢として映りこんだ光の色の白っぽさから背景 N7 に近づいたとして対比感を小さい側に評価したと推察される。

ここで注意すべき点は、3 章で触れたように入射角度が大きい場合には参照した無彩色色票の輝度対比も小さくなっている点であり(図 3-3)、本章で扱った等価な明度差を等価な輝度対比に換算した場合、入射角度 60~75°の対比感は図 4-2 で示したものより小さい側となる。

4) 材料の表面模様の違いと対比感(模様の方向性なし)

表面の模様に方向性のない場合を図 4-2 下段に示す。ビニルクロスプリント<御影石>は 60~75°で対比感が大きいと評価された(AO, MY, NK, TK)。<大理石><コンクリート>は入射角度によらず一定に近づいた。

5. 色彩の対比効果

本章では、対比感に及ぼす色の三属性の影響をみるべく系統立てて選択した基準色票と拡張色票の結果から、色票と背景の明度差(輝度対比)・彩度差・色相と対比感との関係を考察する。表 2-2 に示す基本条件を実験条件とした場合の結果である。個人間の評価の傾向に大差なかったため、ここでは被験者 IM の結果を代表させて示す。

5.1 等価明度のばらつき

被験者 IM が全色票に対して対比感を回答したそれぞれの無彩色色票を等価明度とし、その平均値(平均等価明度)と、等価明度と平均等価明度の差との関係を図 5-1 に示す。各平均等価明度に対する等価明度のばらつきは±0.5 以内の範囲であった。他 4 名の被験者のばらつきは±1.0 以内と比較的広いが、被験者 IM と同様に各平均

等価明度におけるばらつきの範囲は一定であった。ME 法を用いて対比感を評定させた既往研究^{文 11) 文 12)}では、基準となる 2 つの視標の中間付近において個人内の評価のばらつきが大きかったが、本実験で基準を多く設定した明度スケールを用いることにより、個人内での評定のばらつきを少なくすることができた。

また、本章で述べる色彩を対象とした実験では、被験者全員が明度スケールの範囲内で回答しており、数値を用いた回答はなかった。

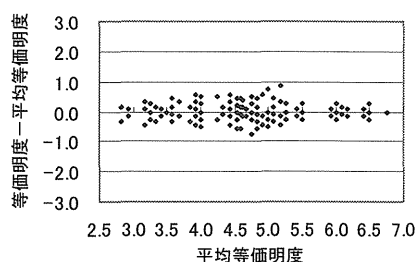


図 5-1 等価明度のばらつき(被験者 IM)

5.2 色票と背景の明度差と対比感

色票と背景の明度差と対比感が等価な明度差との関係を図 5-2、図 5-3 に示す。図 5-2 に色相 5R について色票と背景の彩度差ごとに 3 回の評定値(○)とその平均値(●)を示す。いずれの彩度差においても、色票と背景の明度差が大きいほど大きい。各色票に対する対比感の平均値は 3 回の評定値と同様の傾向を示すことを確認し、以下、平均値で結果を示す。

図 5-3 に等価明度差を色相ごとに彩度差を変数として示す。いずれの彩度差でも色票と背景の明度差が大きいほど対比感が大きい。彩度差が大きいほど対比感は大きく、色票と背景の明度差が小さいほど彩度差による対比感の上昇は大きい。この傾向は 5 色相全てにみられた。

5.3 色票と背景との輝度対比と対比感

色票と背景の明度差に対応する輝度対比と対比感が等価な輝度対比との関係を図 5-4 に示す。ここで用いる輝度対比は分光放射輝度計で実測した輝度値から算定した(3 章図 3-3 参照)。5 色相ともに、色票と背景との輝度対比が大きいほど対比感は大きい。また彩度差が大きいほど対比感は大きく、色票の輝度対比が小さいほど彩度差による対比感の上昇は大きい。対比感を等価輝度対比を用いて表現した場合にも、等価明度差の場合と同様の傾向が得られた。

5.4 彩度差と対比感

色票と背景の彩度差と対比感の関係を、色相を変数として図 5-5 に示す。図は色票と背景との輝度対比ごとに示し、輝度対比 0 は明度 7、輝度対比 0.53 は明度 5、輝

度対比 0.84 は明度 3 の色票に対応する。いずれの色相も色票の彩度差が大きいほど対比感は大きい。彩度による対比感の上昇は色票と背景との輝度対比によって異なり、輝度対比 0 が最も顕著であり、輝度対比が大きいほど上昇の程度は小さい。輝度対比 0.84 では彩度差による対比感の変化はほとんどみられず、対比感と等価な輝度対比は色票と背景との輝度対比の値とほぼ同じになる。輝度対比が 0 および 0.53 の場合、色相による対比感の差異がみられた。

5.5 色相と対比感の関係

色相と対比感の関係を図 5-6 に示す。5 色相の彩度 3 段階の色票の対比感を、色票と背景との輝度対比 0 と 0.53 の場合について示す。

色票と背景との輝度対比が 0 の場合、彩度差が大きいほど対比感は大きく、5R、5Y、5B の対比感 は 5P 及び 5G に比べて若干大きい。一方、輝度対比 0.53 については、色相及び彩度差による違いはほとんど認められず、対比感 は色票と背景との輝度対比(点線部)に近い値であった。

次に、色相による違いが認められた輝度対比 0 の場合について、5 色相の彩度差 2 と 6 における全被験者の色相と対比感の関係を図 5-7 に示す。被験者 IY の場合、彩度差 2 では 5G の対比感が他の色相と比べて大きく、彩度差 4 では 5Y の対比感が大きい。被験者 IK の場合は彩度差 2 で 5Y の対比感が大きく、彩度差 6 で 5R・5Y・5G の対比感が大きい。被験者 FA の場合は彩度差 2 で 5R と 5B の対比感が大きく、彩度差 6 で 5P・5B・5G の対比感が大きい。被験者 SC の場合は彩度差 2 で 5R の対比感が大きい。

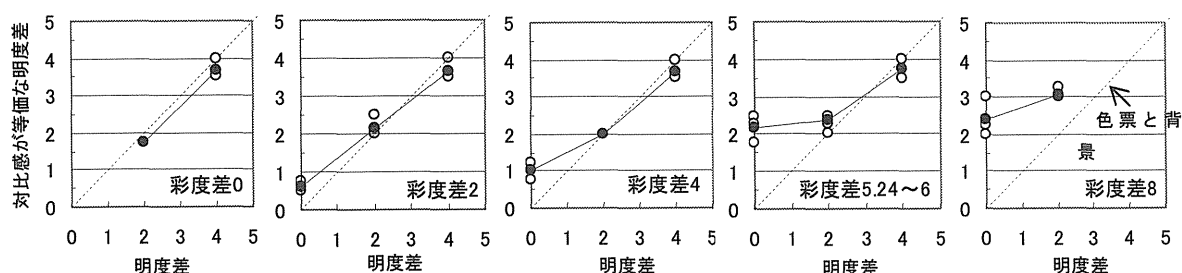


図 5-2 色票と背景の明度差と対比感の関係 (色相 5R・被験者 IM・申告値と平均値)

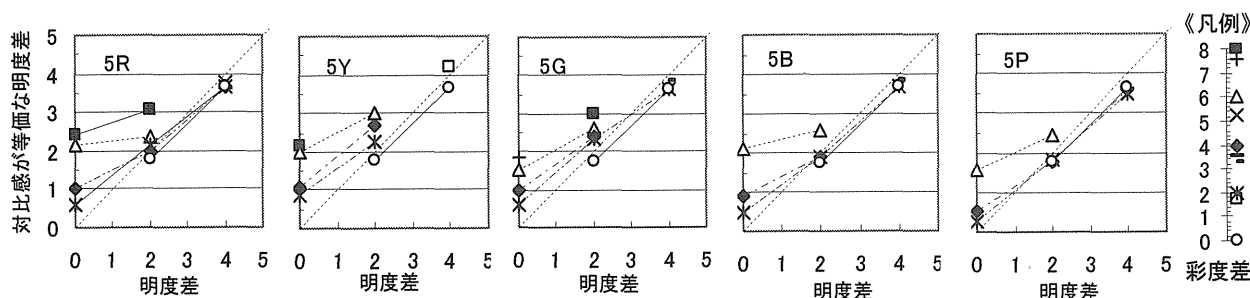


図 5-3 色票と背景の明度差と対比感と関係 (被験者 IM・平均値)

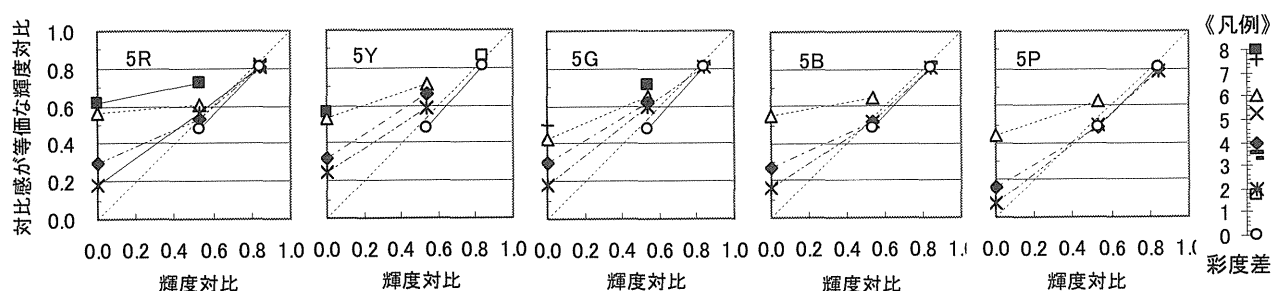


図 5-4 色票と背景との輝度対比と対比感の関係 (被験者 IM・平均値)

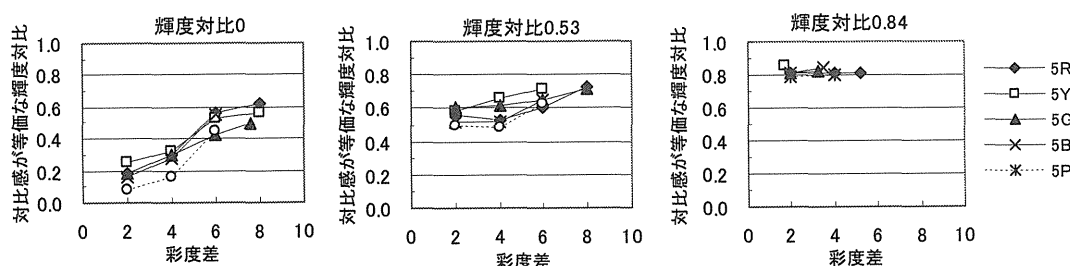
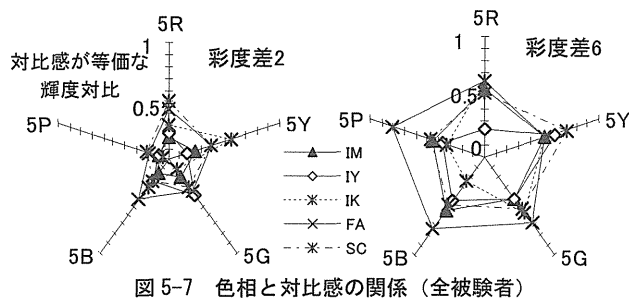
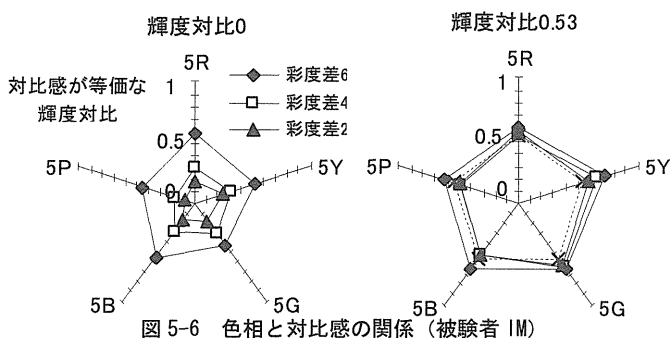


図 5-5 彩度差と対比感の関係 (被験者 IM)



く、彩度差 6 で 5Y の対比感が大きい。これより、個人によって色相に対する対比感の差異があり、その傾向は個人差が大きいといえる。色票と背景の輝度対比が小さい場合の色相と対比感の関係については、被験者を増やすなどして、個人差についてさらに検討が必要である。

5.6 輝度対比、彩度差及び色相と対比感

有彩色の対比感は色票と背景との輝度対比が 0 に近いほど、色相や彩度差による影響は大きいことがわかった。逆に色票と背景との輝度対比が大きいほど、対比感に及ぼす色相と彩度差の影響は小さく、対比感の大きさは色票と背景との輝度対比に近い値になる。

6. 色彩と質感の対比効果

本章では、4 章の実験で用いた材料から代表的な色彩を有するものを選び、材料の対比感とその同色の材料色票の対比感とを比較考察する。

図 6-1 に材料及び材料色票の対比感と等価な輝度対比を示す(被験者 MZ, AO, MY, NK, TK)。横軸は 2 章で算出した試料の輝度対比の順、縦軸は対比感と等価な無彩色色票の輝度対比で、入射角は 45° である。いずれも 3 回の試行の平均値を示す。被験者 TK はビニルクロス<平滑>、ビニルクロスプリント合板<杉>、合板<チーク>に対する評価を数値で回答しているため等価な無彩色色票が存在せず、ここでは輝度対比を算出しなかった。

5 名の被験者が回答した材料色票の対比感と等価な輝度対比はおよそ 0.5~0.8 の範囲、材料のそれはおよそ 0.3~0.8 の範囲であり、材料色票に比べ材料のほうが広い範囲に分布した。それぞれの試料について材料色票と材料を比較すると、差はほぼ同じ~およそ 0.2 以内

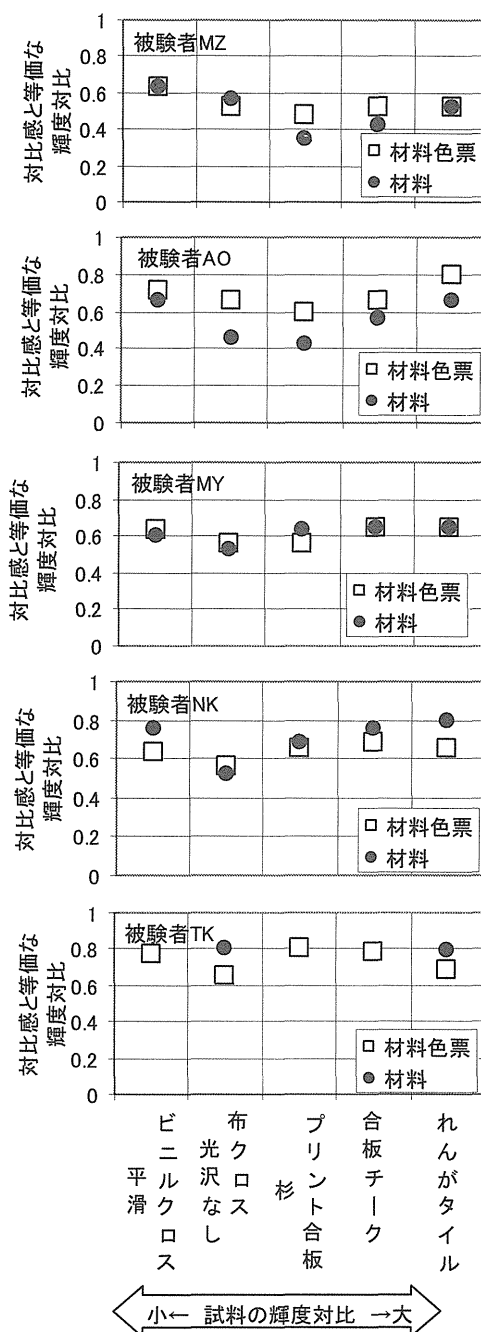


図 6-1 材料および材料色票の対比感と等価な輝度対比 (入射角 45°)

であった。材料色票に比べ材料のほうが凹凸を有するものが多いことから同色であれば材料色票より材料のほうが等価な輝度対比は高いと予想されたが、結果からは、材料の対比感材料色票の対比感より高い側、低い側いずれにも分布した。

また、試料の輝度対比が増しても対比感の増加はみられず、両者の間に一定の関係は認められなかった。ビニルクロス<平滑>は光沢や凹凸がないにもかかわらずすべての被験者が対比感を大きい側に回答しており、色彩と大きな凹凸を有するれんがタイルより対比感が大きい場合もあった。布クロス<光沢なし>は織り目の凹凸が

あるため影の部分が被験者に見えると考えられるが、対比感は一ニルクロス<平滑>より小さい側に評価された。

色彩の対比感は一章で述べたように色相・明度・彩度などの要因で説明することができるが、材料の対比感は一材料の表面性状に起因すると考えられる。本研究で用いた材料は、光沢、表面形状、柔らかさ等の表面性状が様々に組み合わせられたものであることから、評価の際に着目されやすい表面要素を特定することにより、さらに対比効果を明らかにできることの可能性が示唆された。

7. おわりに

居住環境に用いられる内装仕上材から代表的な材料や色彩を取り上げ、色彩と質感の対比効果を検討した。

まず、デジタルカメラによる測光測色法を用い、光の入射角度によって異なる材料の見え方を、輝度や色度といった心理物理量として表現した。背景と試料の対比感に関連する輝度対比および色差を算出し、材料の違いや光の入射角度の影響を明らかにした。

次に、内装材料を試料とした主観評価実験を行い、背景と試料の対比感と等価な無彩色色票を選択させることで材料の対比感を定量的に把握した。材料の対比感は一表面の凹凸や光沢等の表面性状により異なり、さらに光の入射角度に応じて変化した。

同様に色相・明度・彩度の異なる色票の対比感を評定させたところ、有彩色の対比感は一背景との輝度対比が0に近いほど色相や彩度による影響が大きく、逆に輝度対比が大きいほど色相や彩度の影響は小さかった。

さらに、材料とその同色である材料色票の対比感を輝度対比で比較考察し、評価する際に着目する表面要素(光沢、凹凸、柔らかさなど)により対比感の傾向が異なることを示唆した。

本研究により、居住環境に用いられる色彩と質感の対比効果を定量的に把握する可能性を示した。質感は表面性状の総合的な印象であり、例えば光沢の度合いとして光沢感、凹凸の度合いとして粗さ感といった具体的な教示を設定することで、材料の対比感を構成する評価軸が明らかになると示唆される。その評価軸に沿って対比感を整理することによって、さらに色彩との相互の対比効果に関する考察を深めることができると考える。

<参考文献>

- 1) 北村薫子、磯田憲生他：視覚および触覚による建築仕上材の質感評価(第1報)質感評価尺度の抽出及び単純なテクスチャーを用いた質感の定量的検討、日本建築学会計画系論文集、511号、pp. 69-74, 1998
- 2) 茶谷正洋他：テクスチャーの視覚に関する研究(第1報)見えのあらさとその表示方法、日本建築学会論文報告集、277号、pp.71-80, 1979
- 3) 北浦かほる：表面あらさの視知覚とその定量化(その2)見え

のあらさ要因、日本建築学会論文報告集、275号、pp.75-85, 1979

- 4) 北村薫子、梁瀬度子：内装材のテクスチャーの評価に及ぼす照明要因の影響、人間工学、35-1、pp.25-33, 1999
- 5) 茶谷正洋他：テクスチャーの視覚に関する研究(第4報)照射光が見えのあらさに及ぼす影響、日本建築学会計画系論文報告集、349号、pp.1-9, 1985
- 6) 武田雄二、岡島達雄他：建築仕上材の感覚的评价に関する研究(その6)建築仕上材料の触覚的特性の総合的评价法、日本建築学会構造系論文報告集、361号、pp.1-11, 1986
- 7) 小野英哲他：横断時の斜路のすべりの考察および安全性からみた斜路のすべりの総合的评价方法の提示、日本建築学会構造系論文報告集、562号、pp.21-26, 2002
- 8) 小林茂男：被服の感覚的特性を測る-触と視の感覚的特性を中心に-、人間工学、Vol.30, No.3, pp.141-145, 1994
- 9) 川端季雄：風合い評価の標準化と解析 第2版、日本繊維機械学会、1980
- 10) A Color Appearance Model for Color Management Systems: CIECAM02, CIE Technical Report No.159, 2004
- 11) 大野治代：無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について、大手前女子学園研究収録(大手前女子短大研集)、第11号、pp.237-256, 1991
- 12) 大野治代：有彩色視対象の無彩色背景における背景輝度と対比感の関係を表す近似式について、大手前女子短期大学・大手前栄養文化学院・大手前ビジネス学院研究収録、第12号、pp.208-228, 1992
- 13) 原田礼美、小川祐樹他：フェノメナルな光の工学的条件に関する研究 その4 フーリエ解析の導入、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-1, pp.365-366, 2005
- 14) 上谷芳昭：カラービデオ画像による CIE 表色系三刺激値 XYZ の測定 ビデオ測色法の開発、日本建築学会計画系論文集、543号、pp. 25-31, 2001
- 15) Hara Naoya, Noguchi Tarow : Colorimetry Method for the Digital Camera, Proceedings of the 5th Lux Pacifica, , pp.233-236, 2005

<謝辞>

実験装置の作成にあたりご教示賜りました松下電工株式会社照明事業本部中央照明 EC 岩井彌氏に深謝いたします。また、実験および測定の実施にご協力いただいた当時大手前大学学生 村上永利子氏、福島直子氏、同関西大学学生 猪原雄高氏に心より謝意を表します。被験者としてご協力いただいた諸兄諸姉に感謝いたします。