

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

The Ease of Visual Perception by using Chromatic Color Targets on Achromatic Color Backgrounds

大野 治代
Haruyo OHNO

I. はじめに

これまでの見え方に関する研究によって、定常な視作業条件での見え方は、視対象の形・大きさ、背景との輝度対比、背景輝度（順応輝度）の明視3要素で決まり、これらと主観的な見やすさとの関係の大略も把握されつつあるが、これらは無彩色の視対象に限ったものである。ここでは、彩色の有無を問わず視対象の見え方の評価を可能とする手法の開発を目指して、視対象の見え方と明度・色相・彩度の各要因および照明レベルとの関係を系統的かつ総合的に把握することを研究の目的としている。これを達成するために、視対象と背景との明度、色相、彩度の各要因を総合した両者の心理的な差異を“対比感”と定義し、この心理量が大きいほど見やすくなるとの考えに基づき、被験者実験で得られる対比感と各種要因との関係に検討を加えている。

有彩色視対象の見え方を左右する要因は多く、条件の組み合わせは複雑多岐にわたるので、背景は無彩色、視対象の形・大きさは一定条件として、色の三属性のそれぞれが対比感評定に及ぼす影響を解明することにした。ここでは、先に検討を加えた彩度と対比感との関係に引き続いて、評価実験による色相と対比感との関係より、総合対比を表す指標として、色相、彩度、背景輝度と対比感の関係に、色差式が適用できるかについて検討を加えている。

II. 実験方法

1) 実験装置

実験装置の概要を図1に示す。装置の内装は明度6の布で覆われている。光源には、高演色性蛍光ランプ及び調光装置を取り付け、背景輝度が連続調光できるようにした。実験条件は表1に示す通りである。被験者は、視距離130cmに設置された視標内の視対象の見え方を、不規則に呈示される設定輝度において、対比感により評定した。視標は、内接円の視角が約2度である正三角形の視対象を背景の大きさ45cm×63cm（視角約21.5°×30°）のN7の視標の中央にはめ込んでいる。

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

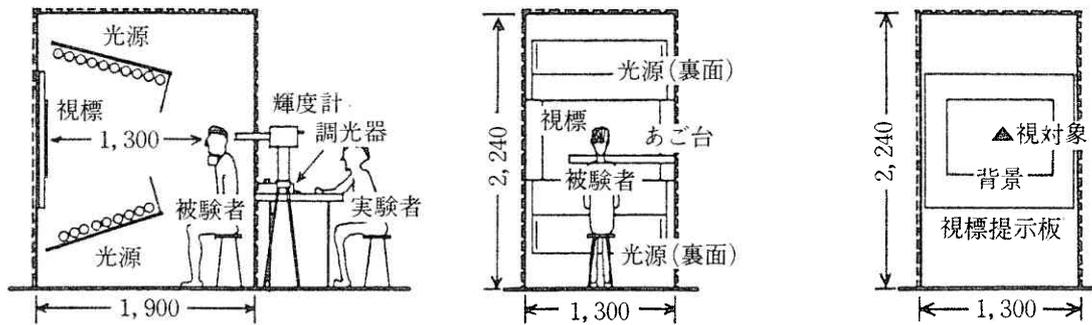


図1 実験装置

表1 実験条件

設定背景輝度 (cd/m ²)		1.0	10	100	
評定基準 尺度	評定値	評 定 内 容			
	0	視対象と背景が一様に見える			
	100	基準の対比感と同じである			
提示視標	背景	視 対 象			
	明度	色相	明度	彩度	
基準視標	N 5	—	N 2.5	—	
評価視標 (実験1)	N 5	5 R	5 B G	5	8
		5 Y R	5 B		
		5 Y	5 P B		
		5 G Y	5 P		
		5 G	5 R P		
評価視標 (実験2)	N 5	5 R	5 B G	5	2, 4, 6, 8
		5 Y R	5 B		
		5 Y	5 P B		
		5 G Y	5 P		
		5 G	5 R P		
被験者	年齢	性別	視力 (矯正含む)	色神	
H I G	2 5	男	1.5	正常	
K O H	2 3	男	0.9	正常	
S U Z	2 5	男	0.9	正常	
D A I	2 2	男	1.5	正常	
O K U	2 2	男	1.2	正常	
I S I	2 2	男	1.2	正常	
K I M	2 9	男	0.7	正常	
R I E	2 3	男	1.2	正常	

2) 視標の種類

表1に、実験に使用した視対象の色相と彩度を示す。

3) 被験者

表1に示す8人の被験者により、各々の視標について、設定背景輝度を変化させた対比感評定を各被験者それぞれ7回行った。

4) 対比感評定の尺度

まず、背景輝度を一定 ($200\text{cd}/\text{m}^2$) に保ち、対比感の評価基準を定めるための視標 (基準視標と呼ぶ) を呈示し、この条件での対比感評定を100と定める。一方、視対象と背景に差がなく、一様に見える場合の対比感評定を0と定める。この対比感評価尺度により、種々の背景輝度と視標の組み合わせに対して、対比感を数値で評価する。

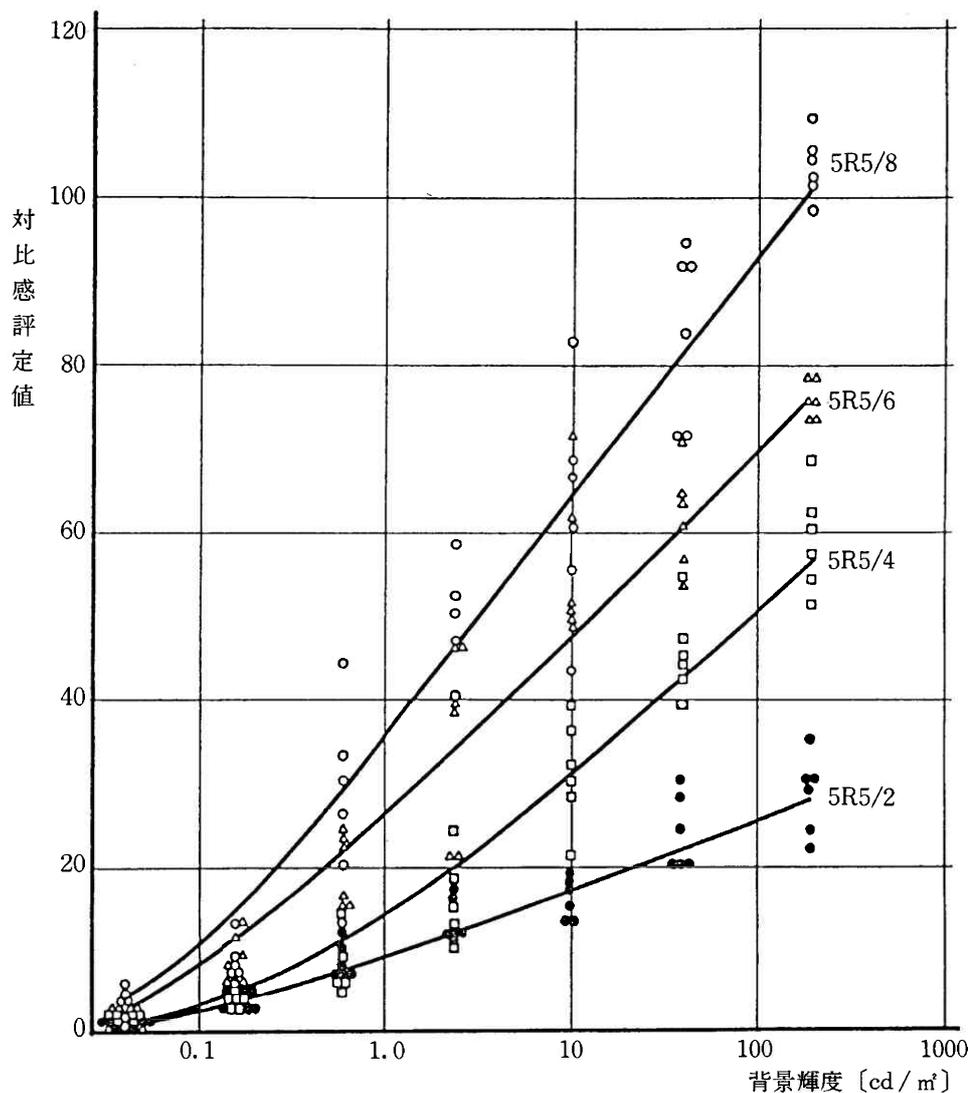


図2 被験者H I Gによる対比感評定値と背景輝度の関係 (色相5R)

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

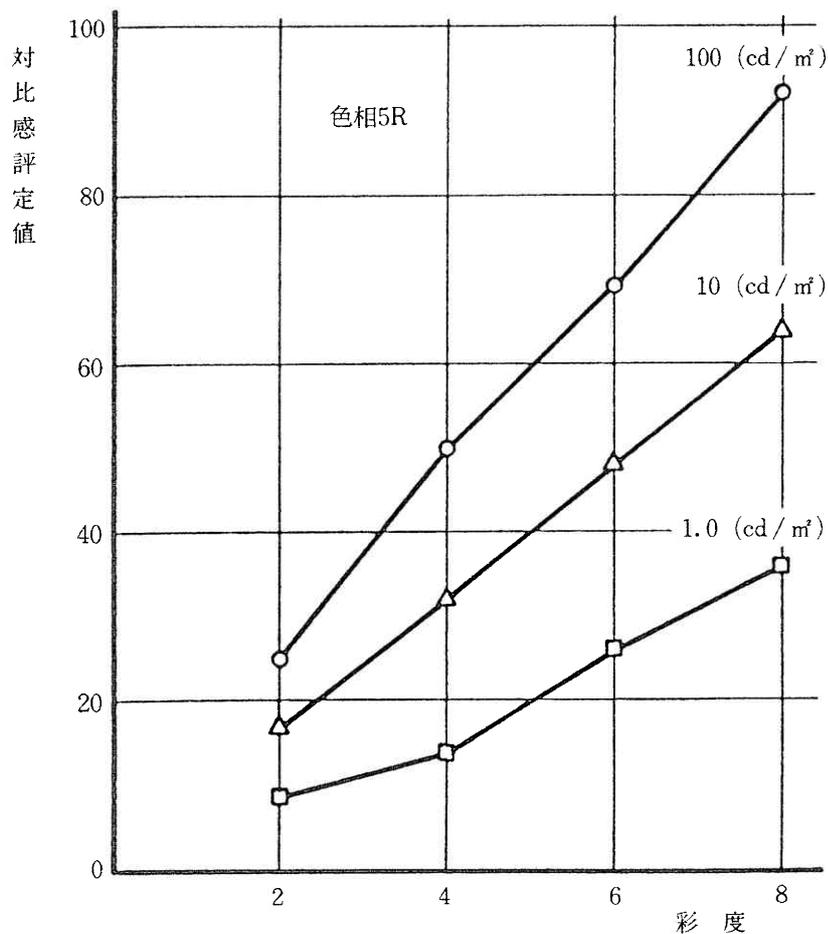


図3 背景輝度が異なる場合の対比感評定値と彩度の関係 (被験者H I G)

5) 色度と輝度の測定

被験者実験における背景輝度の設定には、全条件とも同一の光源を使用し、調光により光源の分光分布が変化しないよう装置に工夫を凝らした。予備測定により、背景輝度を変化させても色度値および輝度値が一定に保たれることを確認すると同時に、実験中も設定輝度値に変化の無いよう監視を続けた。測定には、色彩輝度計BM-7を使い、視角2度で全視標の測定値を求めた。なを、色度と輝度の測定位置は、被験者の視線の位置とほぼ同一方向である。視標の測定値は、各設定条件にたいし3回の測定を行った結果の平均値を使用した。

Ⅲ. 結果及び考察

1) 被験者の評定値

図2は、被験者H I Gの6回の各設定輝度における5Rの各彩度別視標の対比感評定値の分布と評定値の中央値を曲線で示している。これより、対比感評定値は、彩度が高いと大きい値を示し、輝度レベルが高くて同一の傾向を示すことがわかる。図3は、図2より対比感評定値と彩度の関係を輝度レベルを変数にして表したものである。

また、図4と5は色相環の中に、彩度別と設定輝度レベル別の対比感評定値を表している。

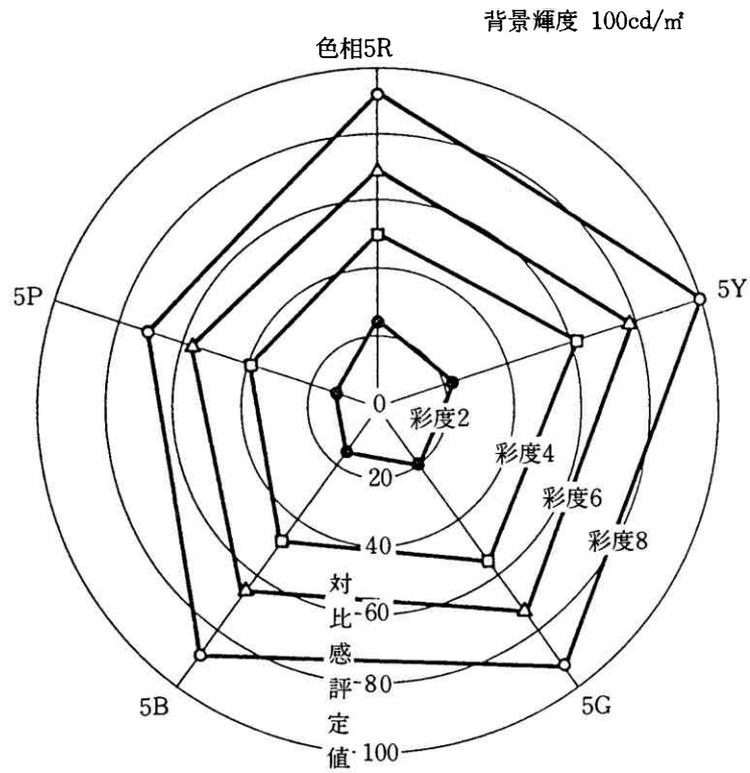


図4 彩度が異なる場合の対比感評定値と色相の関係 (被験者H I G)

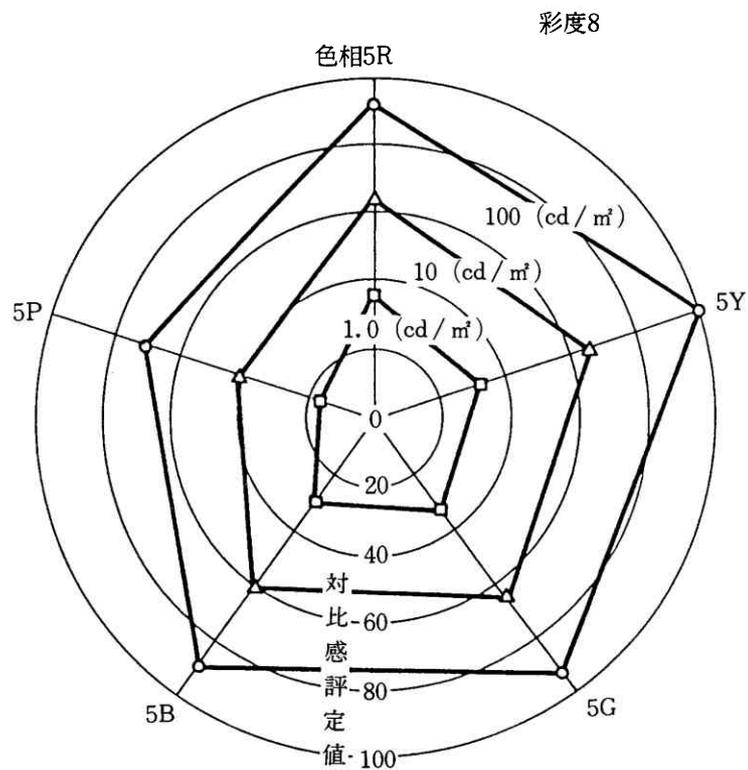


図5 背景輝度が異なる場合の対比感評定値と色相の関係 (被験者H I G)

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

これらについての詳細な検討は、既報に述べているので、ここでは省略する。

①色差の計算 色差の計算には、つぎの式を用いた。

$$\Delta E_{ab^*} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

$$\Delta E_{uv^*} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2]^{1/2}$$

実験に使用した視標の視対象と背景は全て明度5である。図6は、40種の視対象を a^* , b^* の平面上に表したものである。背景のN5は原点に一致し、各プロットは原点からの距離を示し、これが色差 ΔE_{ab^*} の値に相当している。これより、色差は5Y付近で大きく、5P付近では小さいことがわかる。図7は、同じく u^* , v^* の平面上に表したものである。ここでは、5RP, 5R, 5YR, の色差が大きく、5Pでは小さいことがわかる。

②評価視標の色相と色差 図8は、色差 ΔE_{ab^*} と色相の関係を彩度ごとに表している。色相系列で見ると、色差 ΔE_{ab^*} は5Y付近で極大となり、5P付近で極小となっていることがわかる。5Yの彩度8の色差は、5Pの約2倍となっていることが知られる。図9は色差 ΔE_{uv^*} と色相の関係を彩度ごとに表している。色相系列で見ると、5RPから5YRにかけて極大となり、5P付近で極小となっていることがわかる。これより、両色差と色相の

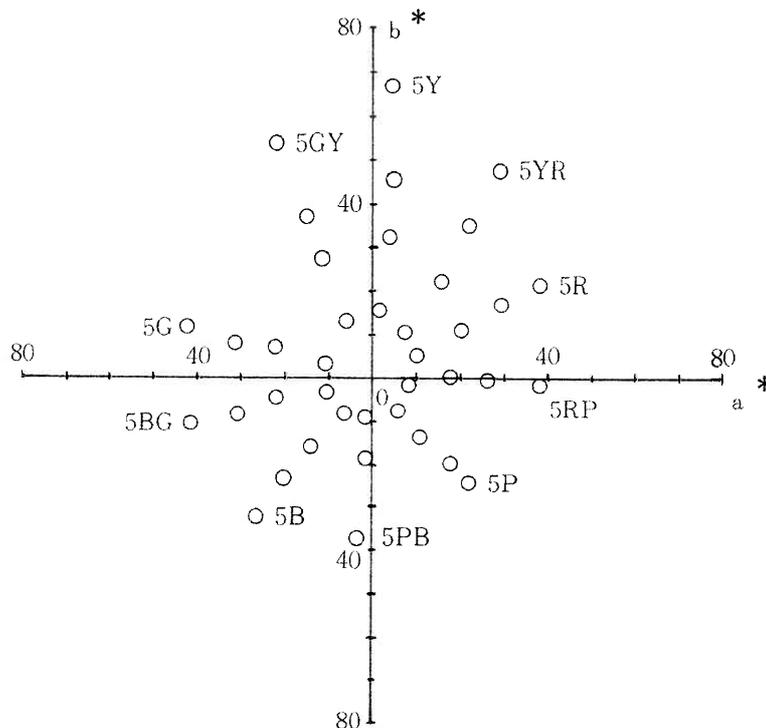


図6 実験視標の $L^*a^*b^*$ 表色系への置点

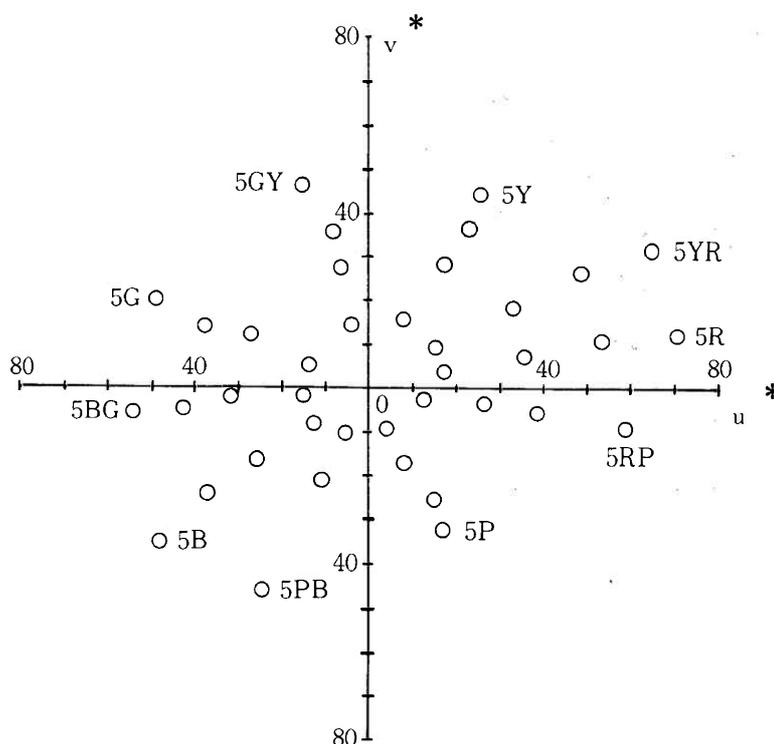


図7 実験視標の $L^*u^*v^*$ 表色系への置点

関係において、彩度の値に類似点と相違点のあることが知られる。

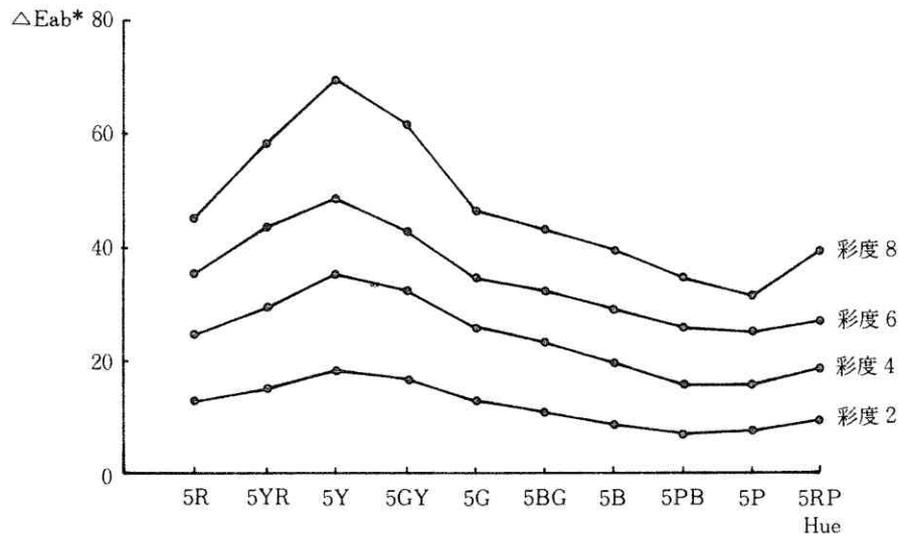
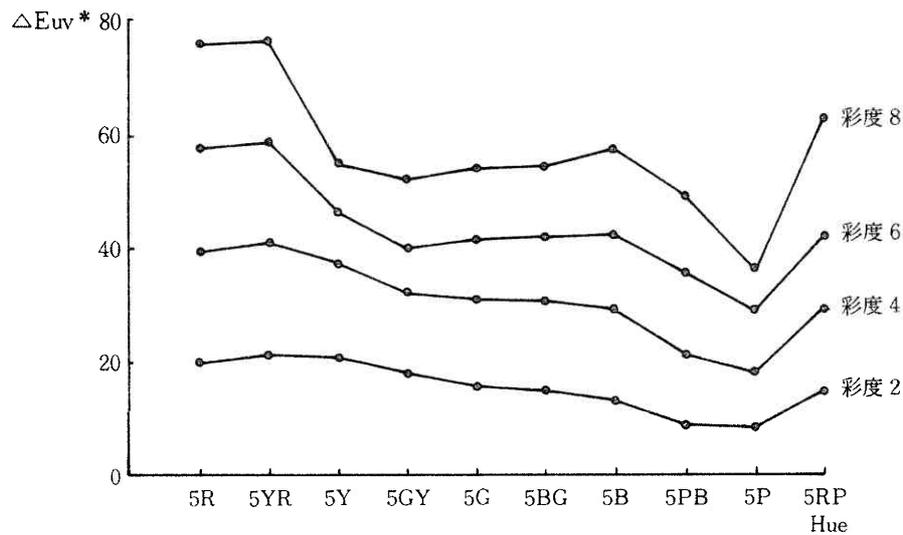
③評価視標の彩度と色差 図10は、色差 ΔE_{ab^*} と彩度の関係を色相別に表している。いずれの色相に於いても、色差 ΔE_{ab^*} と彩度の関係はほぼ直線上に変化していることより、色差 ΔE_{ab^*} はマンセル表色系の彩度の変化量を表示しうるものと言える。図11は、色差 ΔE_{uv^*} と彩度の関係を色相別に表している。5 Y以外の色相に於いては、色差 ΔE_{uv^*} と彩度の関係はほぼ直線上に変化していることより、色差 ΔE_{uv^*} もマンセル表色系の彩度の変化量を表示しうるものと言える。

2) 一定の背景輝度における色差と対比感評価の関係

(1) 被験者 H I G

①色差 ΔE_{ab^*} 図12は、背景輝度 $200\text{cd}/\text{m}^2$ における被験者 H I G による対比感と色差 ΔE_{ab^*} の関係を表したものである。この図は 5 R, 5 Y, 5 G, 5 B, 5 P の 5 色相で、彩度 2, 4, 6, 8 の 20 種類の評価視標に対して得たもので、1 視標につき 6 回の対比感評価した結果の平均値より求めたものである。これより、色差が大きいほど対比感の評価も大きく、両者の関係は原点を通る直線あるいは上に凸の曲線で近似出来ると考えられる。また、色相別のグラフが複雑に交錯しないことより、対比感と色差 ΔE_{ab^*} の関係を色相別に最小 2 乗法を用いて、原点を通る直線で近似してえられた直線の傾きを、図13に示す。傾き C は 5 Y、

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

図8 色相と色差 ΔE_{ab}^* の関係図9 色相と色差 ΔE_{uv}^* の関係

5GYで最小、5P、5RPで最大となっており、図8とは対照的となっており、色差の大きい色相はCの値が小さくなっている。

②色差 ΔE_{uv}^* 図14は、背景輝度 $200\text{cd}/\text{m}^2$ における被験者HIGによる対比感と色差 ΔE_{uv}^* の関係を表したものである。図13には、先に挙げた同じ手法で得られた対比感と色差 ΔE_{uv}^* の関係を傾きCで示している。傾きCは5R、5YRで最小、5Pで最大となっており、図9の色差 ΔE_{uv}^* における色相の大きい色とは対照的となっており、色差の大きい色相はCの値が小さくなっている。

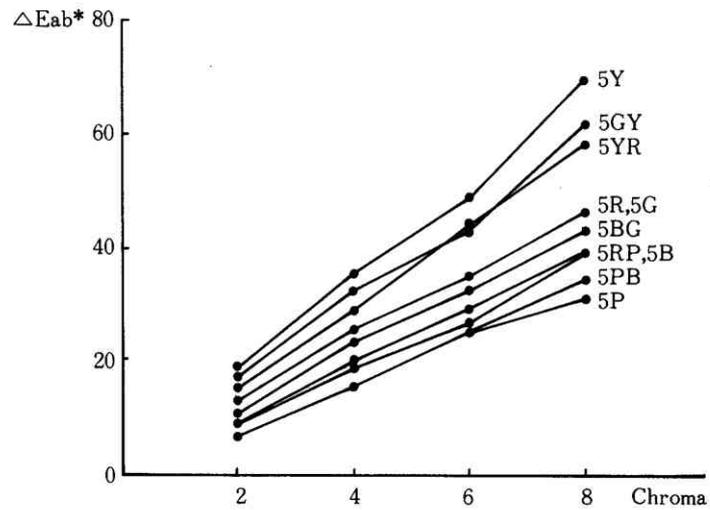


図10 彩度と色差 ΔE_{ab}^* の関係

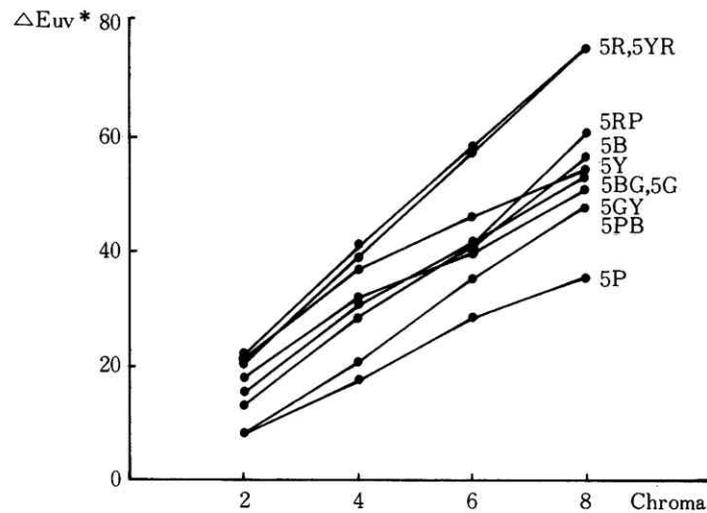


図11 彩度と色差 ΔE_{uv}^* の関係

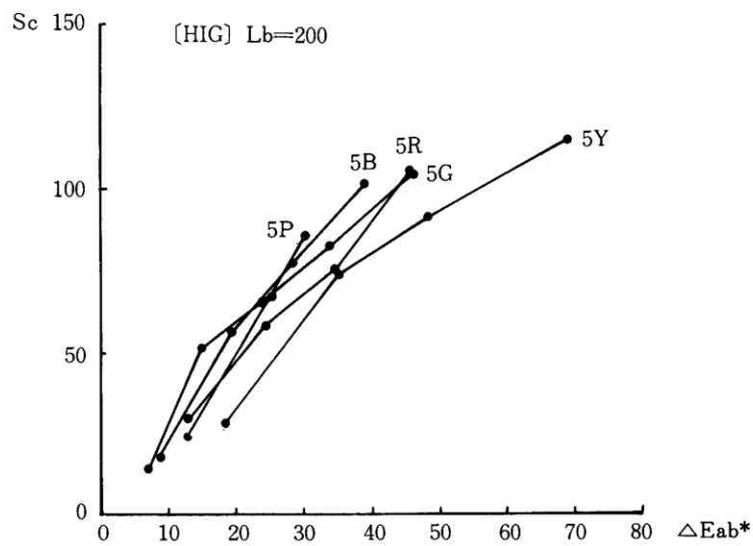


図12 被験者HIGによる対比感評価と色差 ΔE_{ab}^* の関係

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

(2) 被験者 K O H

①色差 ΔE_{ab}^* 図15は、背景輝度 $100\text{cd}/\text{m}^2$ における被験者K O Hによる対比感と色差 ΔE_{ab}^* の関係を表したものである。この図は5 R, 5 Y R, 5 Y, 5 G Y, 5 G, 5 B G, 5 B, 5 P B, 5 P, 5 R Pの10色相で、彩度2, 4, 6, 8の40種類の評価視標に対して得たもので、1視標につき7回の対比感評価した結果の平均値より求めたものである。これより、10色相とも色差が大きいほど対比感の評価も大きく、両者の関係は原点を通る直線あるいは上に凸の曲線で近似出来ると考えられる。そこで、対比感と色差 ΔE_{ab}^* の関係を色相別に最小2乗法を用いて、原点を通る直線で近似し、両者の関係を図16に示す。傾きCは5 Yで最小、5 Pで最大となって、図8とは対照的となっていない。

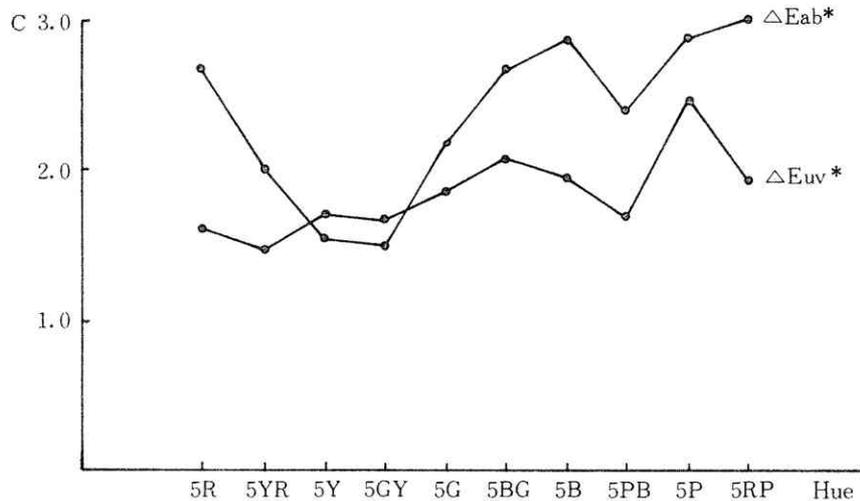
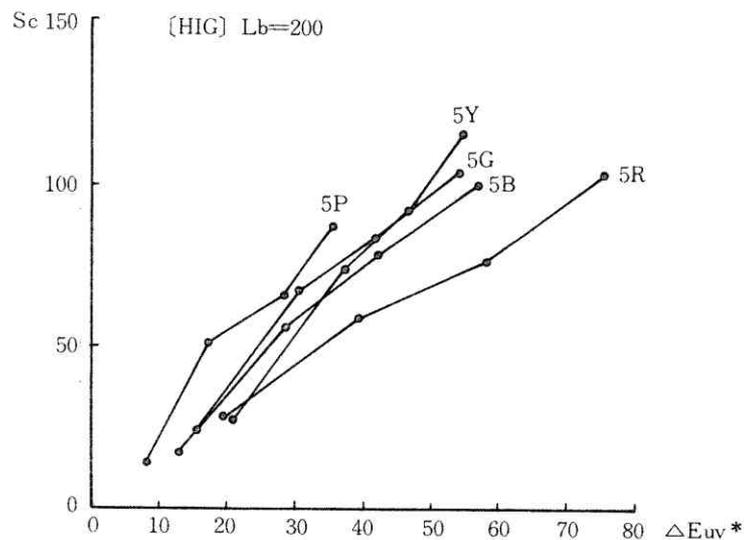


図13 傾きCと色相の関係 (被験者H I G)

図14 被験者H I Gによる対比感評価と色差 ΔE_{uv}^* の関係

②色差 ΔE_{uv}^* 図17は、背景輝度 $100\text{cd}/\text{m}^2$ における被験者K O Hによる対比感と色差 ΔE_{uv}^* の関係を表したものである。先に挙げた同じ手法で得られた対比感と色差 ΔE_{uv}^* の関係を傾きCで図16に示している。傾きCの最大と最小の幅は、 ΔE_{uv}^* の方が色差 ΔE_{ab}^* に比べてやや小さく、色差と対比感の関係を色相で表した図15、17とよく対応していることがわかる。

(3) 被験者D A I

①色差 ΔE_{ab}^* 図18は、背景輝度 $100\text{cd}/\text{m}^2$ における被験者D A Iによる対比感と色差 ΔE_{ab}^* の関係を表したものである。K O Hと同じ10色相、4彩度の40種の視標に対する実験結果より得たものである。色相別に見た場合、両者の関係を表すグラフは、ほぼ直線と見なせるが、全て原点を通らないことが特徴である。

②色差 ΔE_{uv}^* 図19は、背景輝度 $100\text{cd}/\text{m}^2$ における被験者D A Iによる対比感と色差 ΔE_{uv}^* の関係を表したものである。この図に於いても、 ΔE_{uv}^* と対比感の関係を表すグラフは、ほぼ直線と見なせるが、原点を通らない特徴がある。①②より、 ΔE_{uv}^* に比べて ΔE_{ab}^* の方の色相による違いの大きいことが知られる。

3) 背景輝度が異なる場合の色差と対比感

ここでは、被験者H I Gについての各設定輝度 ($200, 40, 10, 2.4, 0.6, 0.16, 0.04\text{cd}/\text{m}^2$) における対比感評定値と ΔE_{ab}^* 及び ΔE_{uv}^* の関係を色相を変数に、前者は図20-1~7に後者は図21-1~7に表している。両者共に、背景輝度が大きいほどグラフの傾きの大きいことが知られる。色差は、背景輝度に関係なく一定値となるが、対比感は背景輝度の増大に伴い大きな値となるので、当然の結果といえる。

① 色差 ΔE_{ab}^* 図22は、色差 ΔE_{ab}^* を採用した場合の回帰線の傾きと色相の関係を背景輝度別に示している。背景輝度が $200, 40\text{cd}/\text{m}^2$ の時は、傾きが最大となるのは5 P、最小となるのは5 Yであり、色相系列から見ると5 Bを除いて相似になっている。背景輝度が $10, 2.4\text{cd}/\text{m}^2$ の時は、5 Bが最大、5 Yが最小となっており、 $0.6\text{cd}/\text{m}^2$ 以下では色相が異なってもCはほぼ一定の値である。これより、色相と傾きCの値は、背景輝度が異なるとその傾向は僅かではあるが相違することより、色相の見え方は背景輝度の値により微妙に異なることを示している。

②色差 ΔE_{uv}^* 図23は色差 ΔE_{uv}^* を採用した場合の回帰線の傾きと色相の関係を背景輝度別に示している。背景輝度が $200, 40\text{cd}/\text{m}^2$ の時は、傾きCが5 Pで最大、5 Rで最小となっており、色相系列の傾向は相似となっている。 $10\text{cd}/\text{m}^2$ 以下では、背景輝度が減少

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

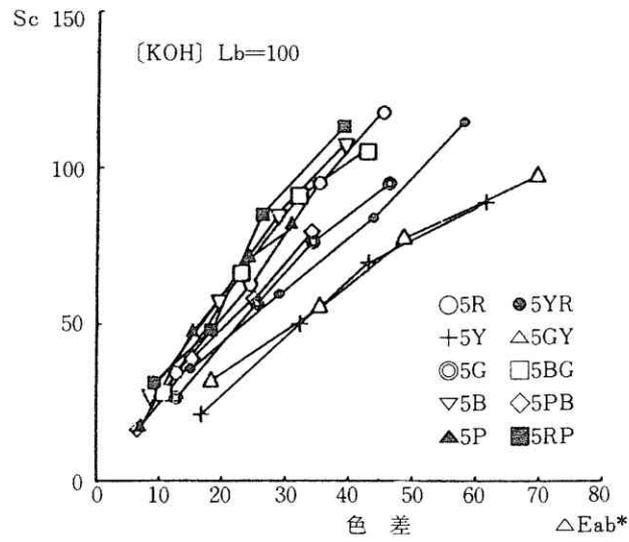


図15 被験者KOHによる対比感評価と色差 ΔE_{ab}^* の関係

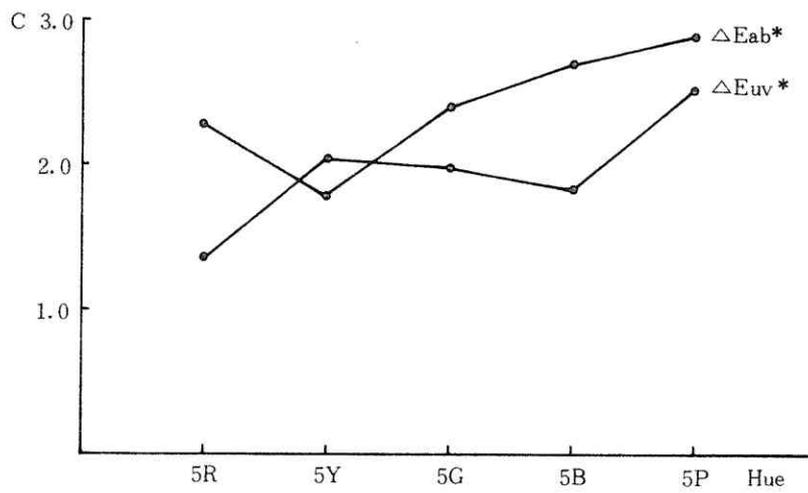


図16 傾きCと色相の関係 (被験者KOH)

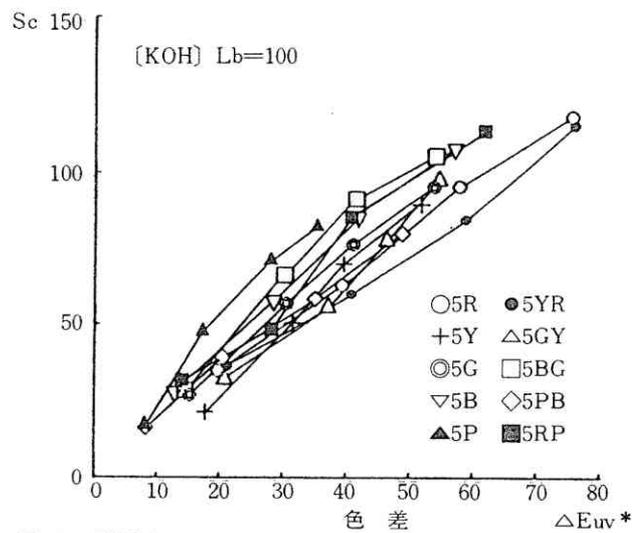


図17 被験者KOHによる対比感評価と色差 ΔE_{uv}^* の関係

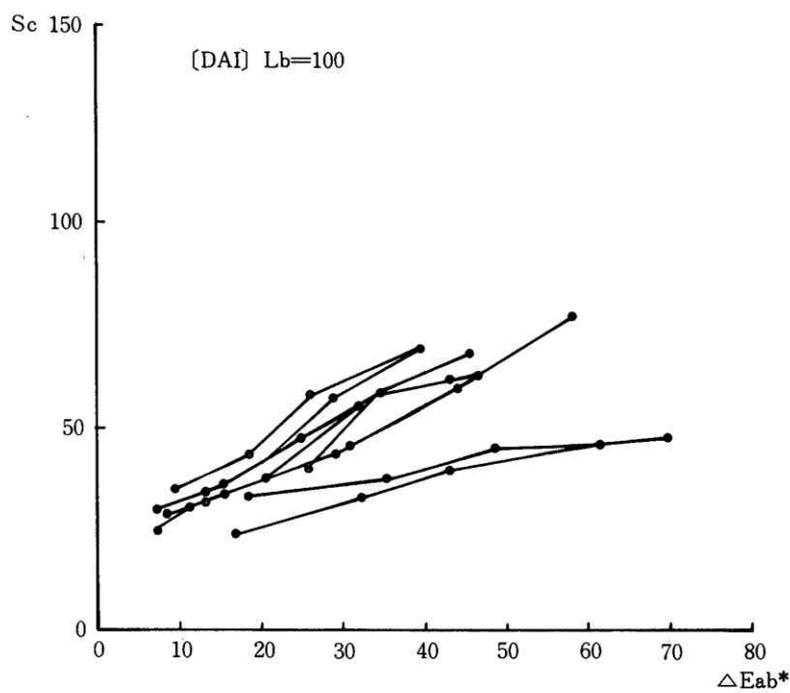


図18 被験者DAIによる対比感評価と色差 ΔE_{ab}^* の関係

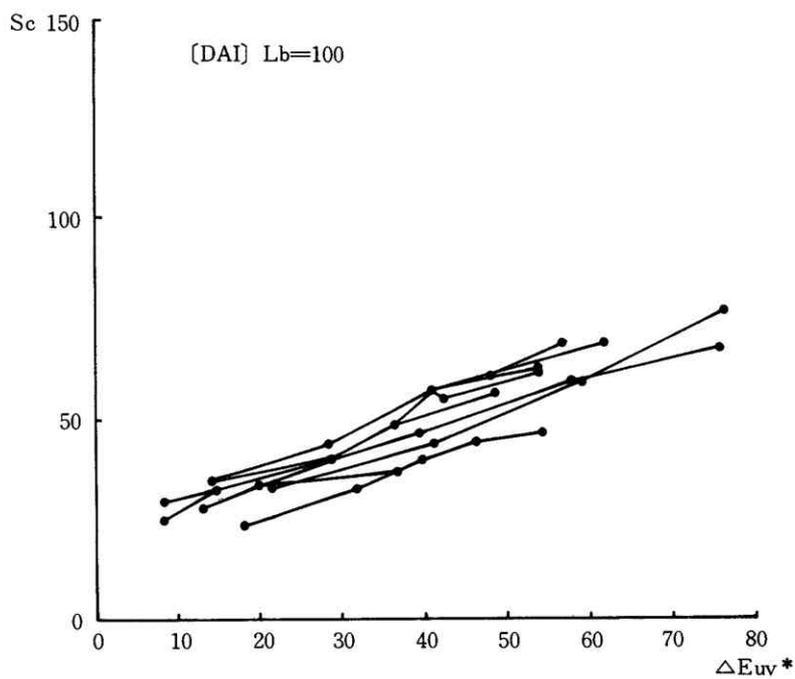


図19 被験者DAIによる対比感評価と色差 ΔE_{uv}^* の関係

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

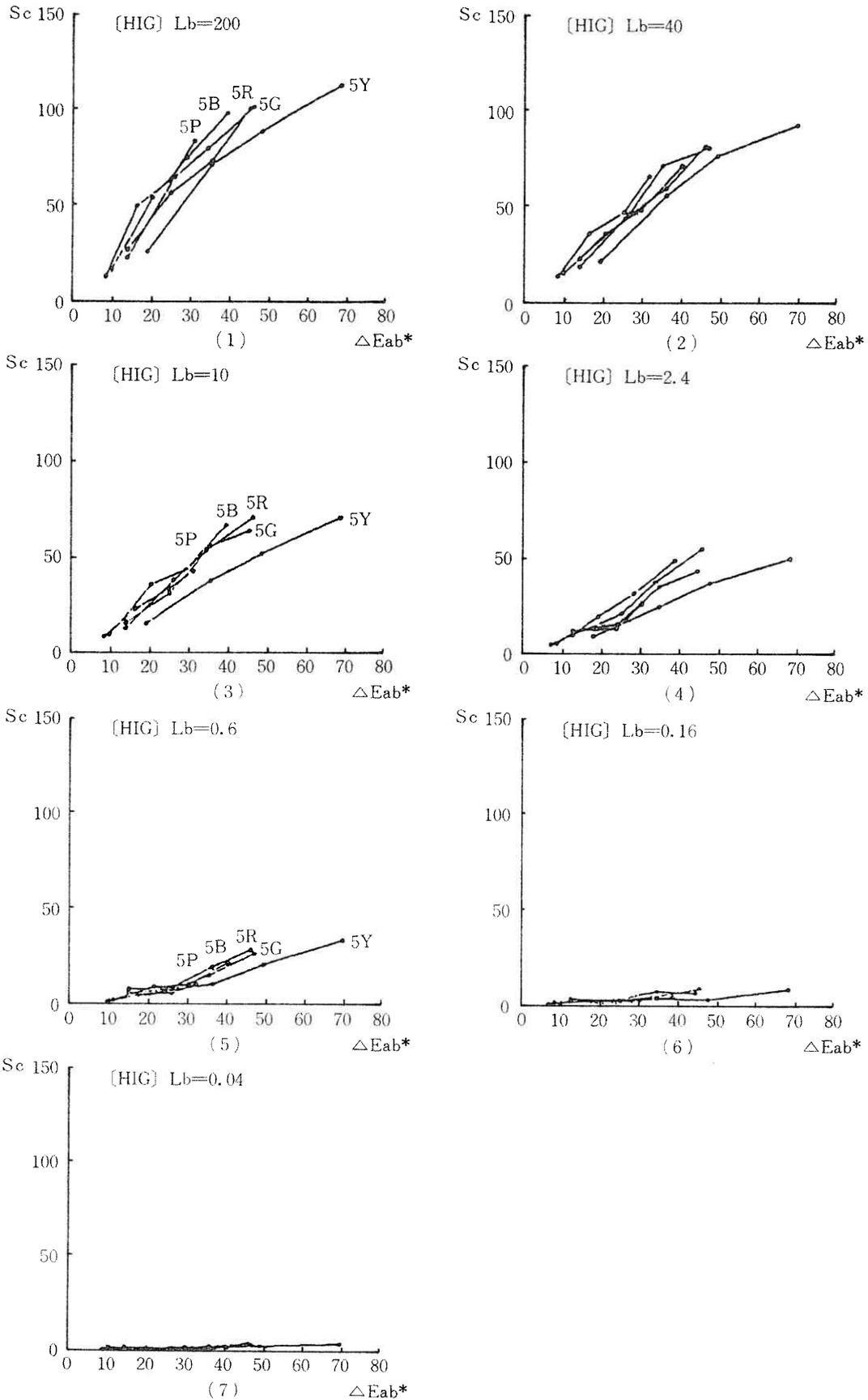


図20-1~7 背景輝度が異なる場合の対比感と色差 ΔE_{ab}^* の関係 (被験者H I G)

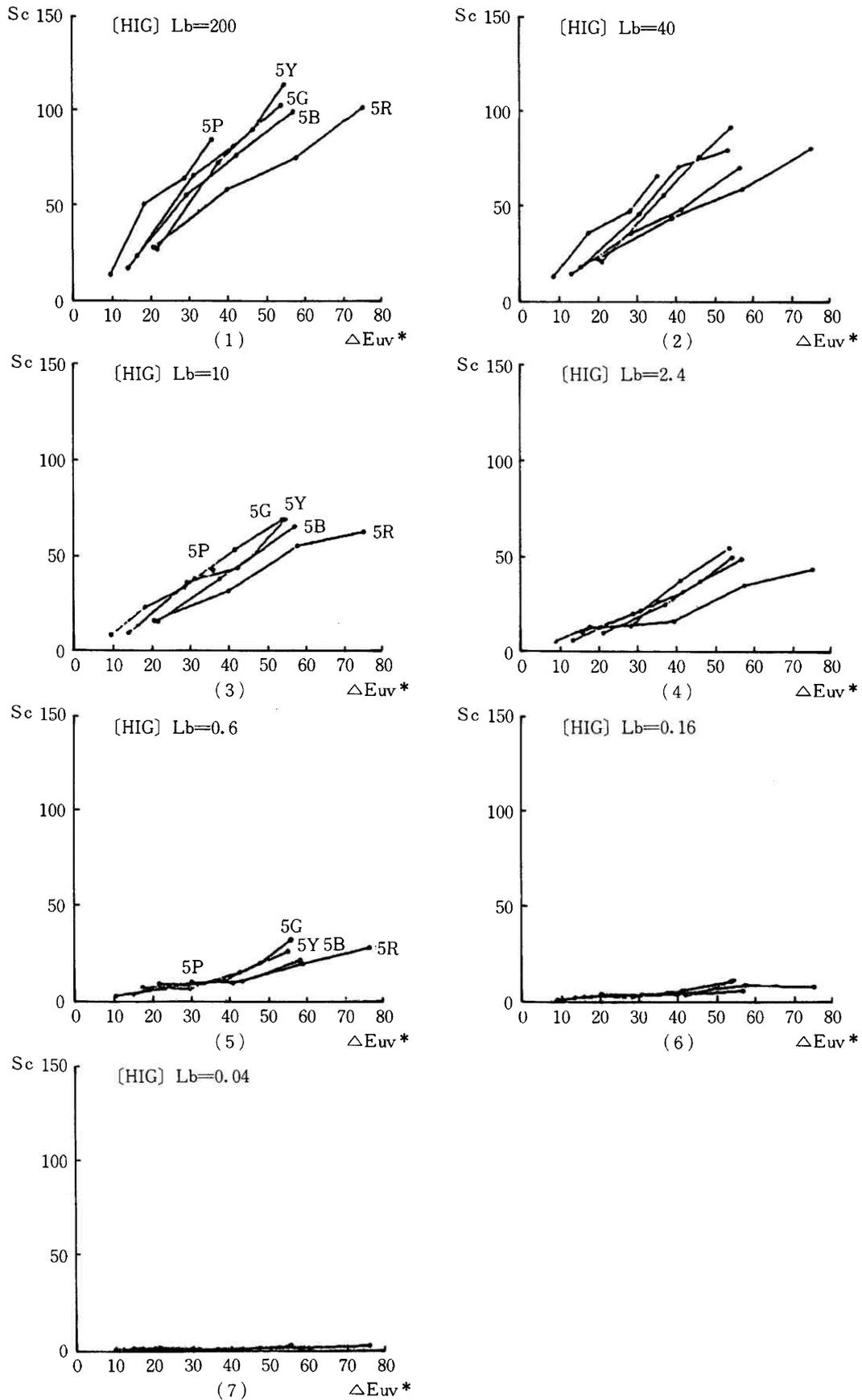


図21-1~7 背景輝度が異なる場合の対比感と色差 ΔE_{uv}^* の関係 (被験者 H I G)

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

するにつれ、Cの値はほぼ一定の値に収束する。ここでも、色相の見え方は背景輝度の値により微妙に異なることを示している。背景輝度の変化に対するCと色相の関係を、 ΔE_{ab}^* の場合と ΔE_{uv}^* の場合と比較すると、後者の方が単純で規則的であるといえる。

4) 色差と背景輝度と対比感の対応関係

図20-1～7は、被験者H I Gの対比感評価と色差 ΔE_{ab}^* の関係を背景輝度別に表している。この図は、それぞれの色相における色差 ΔE_{ab}^* と背景輝度の組み合わせに対し、対比感の評価が1つ決まることを示している。これに対し、色差 ΔE_{ab}^* と背景輝度の組み合わせに対し、対比感評定値10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100の等しい評価値を曲線で結んだのが図24である。同様にして、 ΔE_{uv}^* の場合について示したものが図25である。これらの図より、背景輝度が大きいほど、色差が大きいほど対比感の評価の大きいことがわかる。これは、色差が視対象と背景の対比を表す量としての基本的な性質を持っていることを示している。しかし、等しい対比感を表す曲線は色相により異なる。見え方評価法に於ける対比は、あらゆる色相に対しても同じ式で与えられることが望ましいので、色相毎に色差、背景輝度、対比感の3者の関係が異なることに問題が残ると言える。

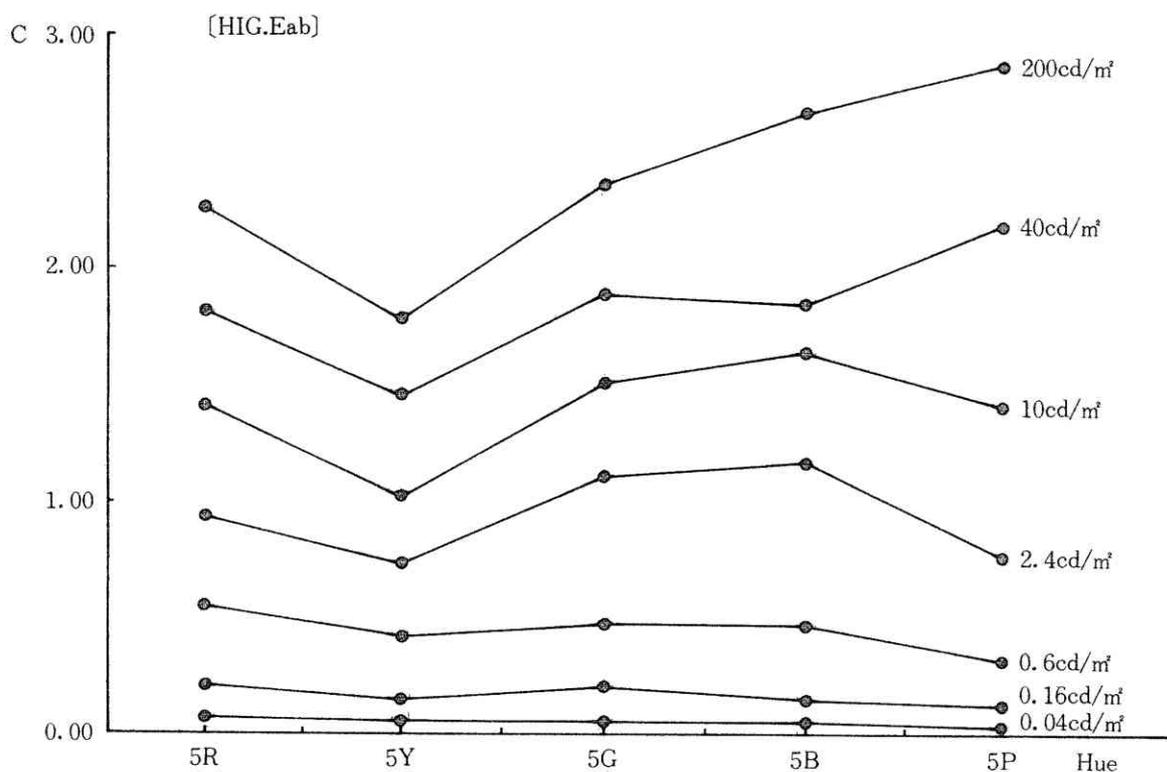


図22 色差 ΔE_{ab}^* を採用した場合の回帰直線の傾きと色相の関係 (被験者H I G)

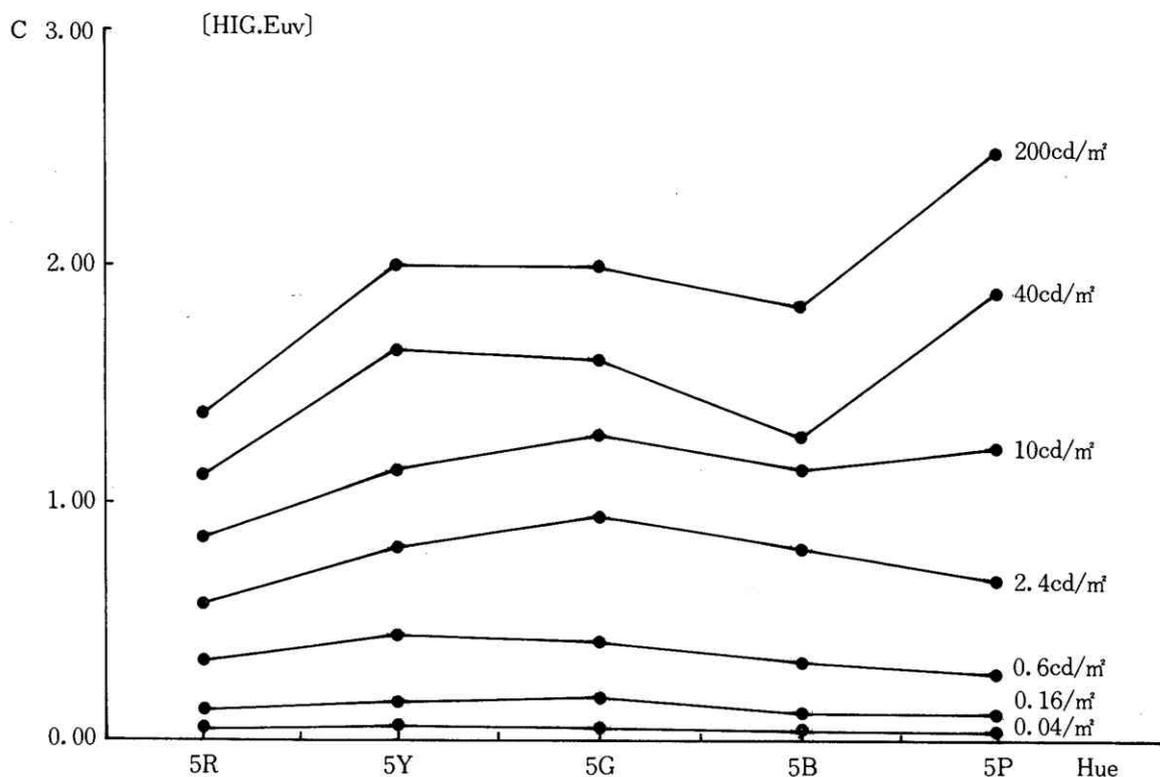


図23 色差 ΔE_{uv}^* を採用した場合の回帰直線の傾きと色相の関係 (被験者HIG)

IV. まとめ

各実験条件における視対象と背景の色差 ΔE_{ab}^* の場合と ΔE_{uv}^* を求め、それを見え方評価とみなした対比感評定値との関連について検討した内容をまとめると、次のようになる。

1. 光源の分光分布が一定であれば、各視標の色差は背景輝度と無関係に一定の値が定まるので、計算が可能な物理量として扱うことが出来る。
2. 同じ色差であっても、色相により得られる対比感の評価は違う。色差が大きいほど、あるいは背景輝度が大きいほど得られる対比感も大きく、色差は対比としての基本的な性質を備えている。
3. 色差を対比として位置づけた場合、色相毎に色差、背景輝度、対比感の関係を規定しなければならない点において、色差は対比として適切であるとは言えない。

V. 今後の問題

見え方評価を表す式について、色差式とは異なる方法で更に検討を進めていきたいと考えている。最後に、実験結果の整理をお願いした元大阪大学院生の樋口雅弥君、高山真君、被験者として協力していただいた元大阪大学学生の皆さんに深甚なる謝意を表します。

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

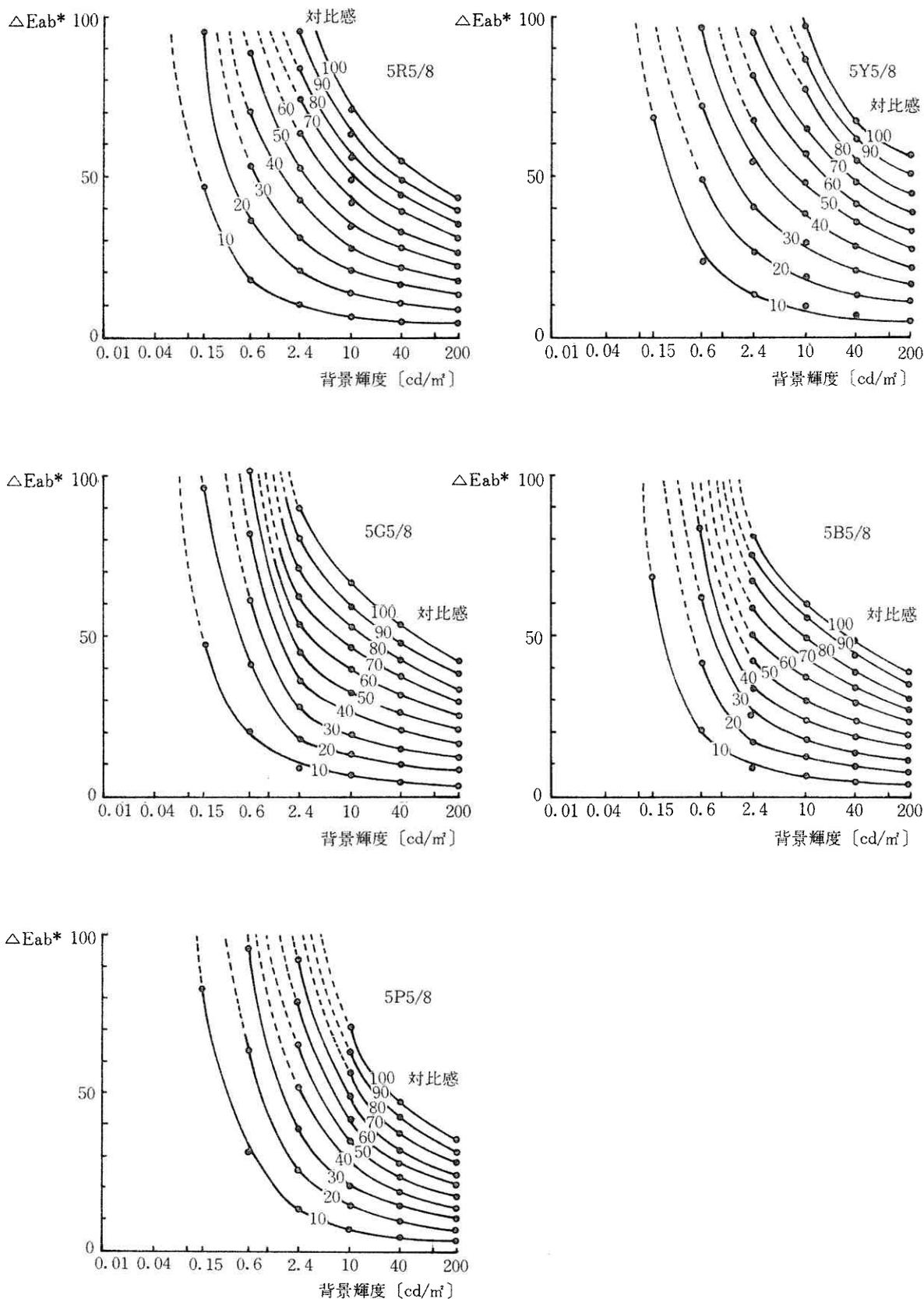


図24 背景輝度と色差 ΔE_{ab}^* と對比感の関係 (被験者H I G)

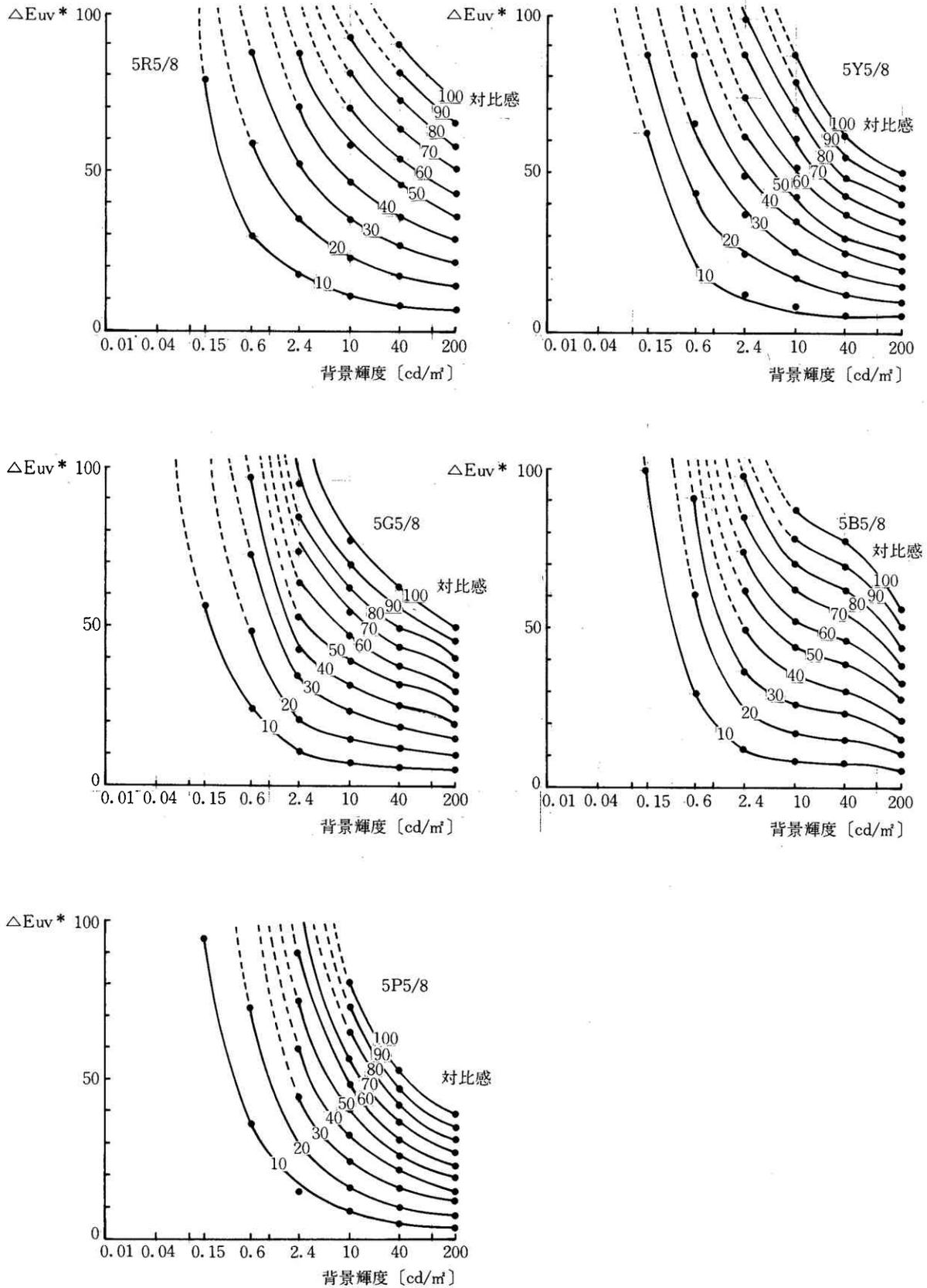


図25 背景輝度と色差 ΔE_{uv}^* と対比感の関係 (被験者H I G)

無彩色背景上の有彩色視対象の見え方について

参考文献

- 1) 轟、大野、佐藤、楢崎：日本建築学会近畿支部研究報告集、(1985) 145
- 2) 轟、大野、佐藤、楢崎：日本建築学会大会学術講演梗概集、(1985) 511
- 3) 大野、佐藤、楢崎：日本建築学会近畿支部研究報告集、(1986) 37