

129. MacBeth Colour Checkerを用いて現用ランプの下で 主観評価した心理量と各均等色空間におけるメトリック量との比較

樋山秀敏 難波英嗣 黒田厚志 荒川真澄 得能かおり 池田紘一
東京理科大学

1. はじめに
白熱電球等のランプで照明された店で服を買った後、その服を昼光の下で見ると色が違って見えることがある。このように、物体色の見え方に影響を及ぼす光源の特性を演色性という。
現在、光源の演色性を評価するには、1974年にCIEが勧告した演色評価数を用いるのが国際的慣例となっている。しかしながら、この勧告で用いられている $U^*V^*W^*$ 均等色空間は、空間的な歪みが大きく、もはや時代遅れのものとなっており、その他の均等色空間に変えるべきであるという提案がなされている。そのため均等色空間として、 $L^*a^*b^*$ 空間が提案されている。しかしながら、この空間にはY-B方向に空間的な歪みがあるために、色差を正確に表すことができない。
本研究では、人間の色知覚に十分対応した新しい均等色空間NC-III Cを既に開発している。そこで、この研究では、一般に使われているランプの下で MacBeth Colour Checkerを用いて主観評価実験を行い、その結果を従来の均等色空間である $U^*V^*W^*$ 空間、 $L^*a^*b^*$ 空間および新均等色空間NC-III Cにおけるメトリック量と比較検討する。

2. 新均等色空間NC-III C
新しい均等色空間NC-III Cは、反対色応答における非線形補正関数を導入することにより空間的な歪みが改善され、R-G応答とY-B応答が直交するようになっている。
そのため、従来の色空間では不可能であった色差を色相差、明度差、クロマ差といった各成分ごとに表すことが可能となった。色相だけが異なる色に関する各色空間における色差の表示を図1に示す。この図から従来の色空間では、クロマが等しい色であるにもかかわらず、その色差にはクロマ差の成分 ΔC が含まれてしまっているということがわかる。
一方、NC-III C空間ではその色差には ΔC は含まれておらず、色差を正確に表示していることがわかる。

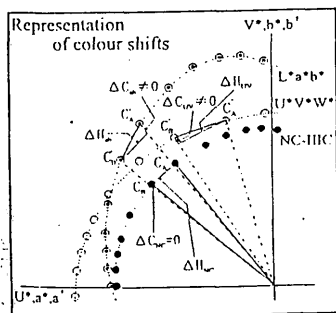


図1. 各均等色空間における色差の表示

3. 実験方法
様々なランプの下で主観評価実験を行うことにより、実際に人間が知覚する光源の演色性による色の見え方の変化を調べた。また、主観評価実験で用いた試験色に関して分光反射率測定を行い、試験色の三刺激値を求め、各色空間における試験色の座標を算出した。

3.1 主観評価実験
この主観評価実験では次のようなブースを用いた。ブース

の背景は45度の傾きを持ち、照明光が背景に対して45度で入射するようになっている。そのブースの背景には明度6の無彩色の紙を貼り、その上にクロマ評価の基準となる円および色相評価の基準となる5本の線を引き、背景の照度を約1000 [lx]にした。観測は、自分が頭の中で思い浮かべる純粋な赤、黄、緑、青、紫を基準として背景に垂直な方向から見ながら色票を背景上に置き、その試験色の明度、クロマおよび色相を評価するという方法で行った。このような評価を、3人で5回ずつ計15回を各ランプの下で行った。

3.2 試料ランプ
試料ランプは、D65光源シミュレータとしてのXenonランプ、色温度を2856Kとした白熱電球(A光源)、一般に使われている蛍光ランプから温白色ランプ(WW)と三波長形の昼白色ランプ(EX-N)の4種類を用いた。

3.3 試験色
CIE 13.2-1974で規定されている試験色は、実際の演色性評価のための視覚実験を行うにはクロマが小さいとされている。そこでCIE TC1-33ではMacBeth Colour Checker (以下、MCCと示す) から選んだ試験色の新しい組み合わせを提案している。このMCCは容易に手に入れることができ、その色の持続性と再現性に定評がある。そこで、本研究の主観評価実験の試験色として表1に示すMCCから選択した9色を用いた。

表1. 主観評価実験に用いた試験色試験色番号

試験色番号	MacBeth Colour Checker No.	Munsell 表記
1	1 5	5.0R 4.00/12.00
2	7	5.0YR 6.00/11.00
3	1 6	5.0Y 8.00/11.10
4	1 1	5.0GY 7.08/ 9.10
5	1 4	0.1G 5.38/ 9.65
6	1 8	5.0B 5.00/ 8.00
7	1 3	7.5PB 2.90/12.75
8	1 7	2.5RP 5.00/12.00
9	2	2.2YR 6.47/ 4.10

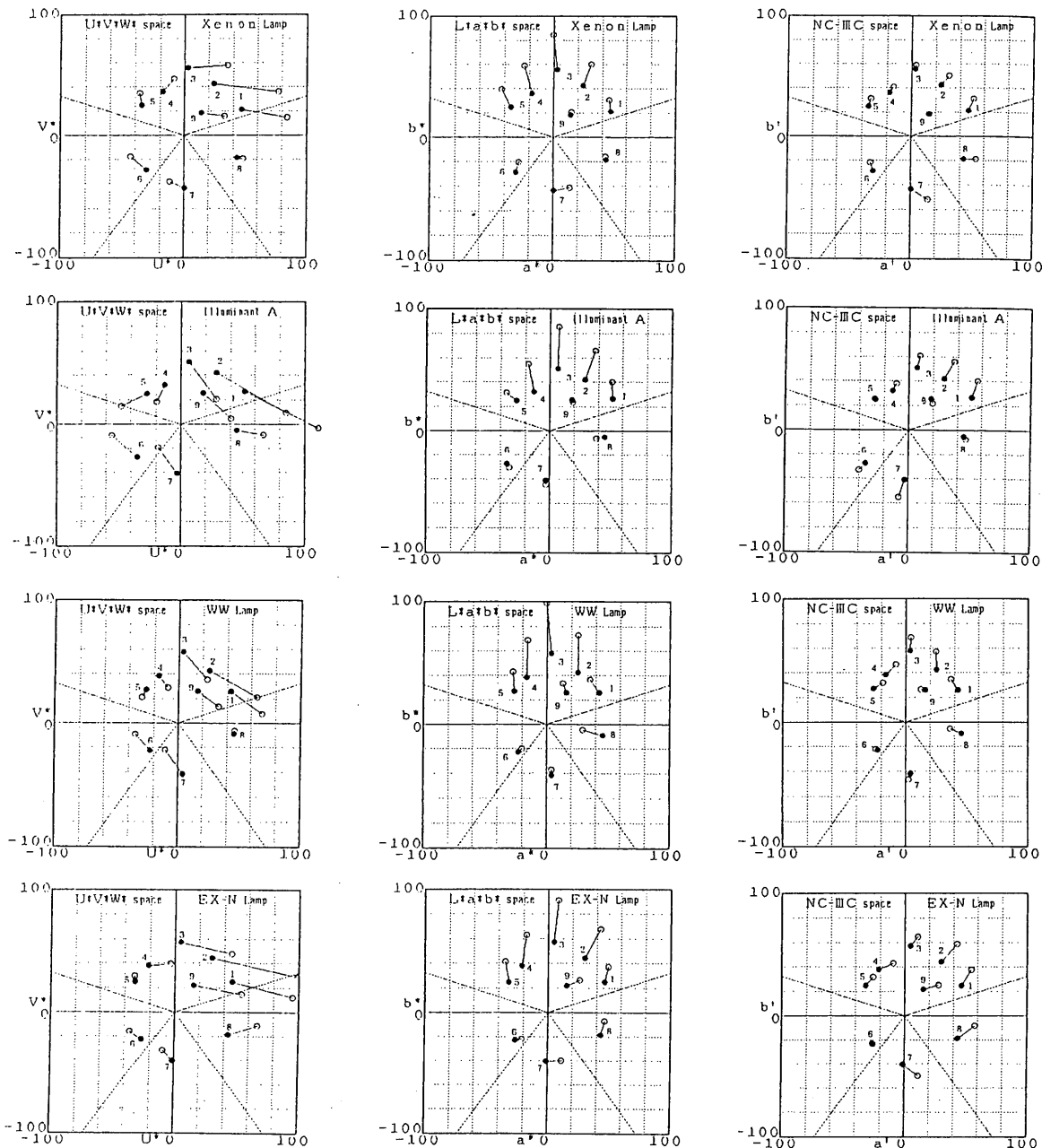
5. 結果
主観評価実験において知覚された色の属性の平均値と各均等色空間における試験色のメトリック量とを比較したグラフを図2に示す。また、表2に次式で算出した値を示す。

$$\Delta E = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^9 \left\{ (x_{p,i} - x_{c,i})^2 + (y_{p,i} - y_{c,i})^2 \right\}}{9}}$$

$x_{p,i}$ $y_{p,i}$: 主観評価値からの算出値
 $x_{c,i}$ $y_{c,i}$: 各色空間におけるメトリック量

図2から $U^*V^*W^*$ 空間はフォンクリース補正してあるにもかかわらず、人間が知覚した色と比べて空間全体にわたってずれがあり、特に赤色領域で大きくずれていることがわかる。 $L^*a^*b^*$ 空間に関しては、Y-B方向に知覚された色との差がある。一方、NC-III C空間に関しては、知覚された属性とメトリック量とがほぼ一致していることがわかる。表2からもNC-III C空間は知覚された属性とメトリック量との差が $L^*a^*b^*$ 空間と比較して約1/2、 $U^*V^*W^*$ 空間と比較して約1/3になっていることがわかる。

Comparison between subjective estimated attributes of MacBeth Colour Checker under practical lamp and metric values in uniform colour spaces
Hidetoshi HIYAMA, Hidetsugu NAMBA, Atsushi KURODA, Masumi ARAKAWA, Kaori TOKUNOH and Koichi IKEDA



● : 主観評価した心理量 ○ : 各色空間におけるメトリック量
 図3. 主観評価した心理量と各色空間におけるメトリック量との比較

表2. 主観評価した心理量と各色空間におけるメトリック量の差

	U*V*W*	L*a*b*	NC-III C
Xenon (D65)	26.75	16.48	8.96
A	37.69	17.50	10.13
WW	24.79	22.11	9.54
EX-N	36.62	19.60	13.54

6. 結論

上記の結果から、 $U^*V^*W^*$ 空間における色相環はR-G方向への歪みが大きく、 $L^*a^*b^*$ 空間では、Y-B方向への歪みが非常に大きくなるため、この部分の色差が人間の知覚した色差より大きく評価されてしまうということがわ

かる。よって、これら既存の色空間では光源の演色性による色差を適切に表すことはできない。これに対して、新色空間であるNC-III C空間では空間的な歪みは改善され、色相環もほぼ円形となっているため、空間全体にわたって色を正確に表示することができる。したがって、演色評価も適切に行うことができると思われる。

これらのことから、光源の演色性評価にはCIEが提唱している従来の色空間より、新色空間NC-III Cの方が適しているといえる。

7. 謝辞

この研究の試料光源として用いた蛍光ランプのデータを提供していただいた、東芝ライテック総合研究所の瀧田 隆義氏、松下電器産業の橋本 健次郎氏に厚く御礼申し上げます。