

色調整のばらつきから見る色差評価の変化

鯉田孝和・内川恵二・栗木一郎

東京工業大学 工学部 像情報工学研究施設

〒226-8503 横浜市緑区長津田町 4259

1. はじめに

現在、完全な均等色差空間は構築されていない。その原因の一つとして、色差評価はそもそも一様には表現できないからであろう。例えば、2色刺激の色度差が小さい場合と大きい場合で色差評価の判断基準が変化したならば、色空間の様な表現は難しいだろう。黄色と薄い黄緑といった小さな色差の評価と、赤と緑といった極端に大きな色差を評価する場合とでは、色差知覚そのものに違いが生じていると考えられる。

そこで本研究では、異なる2つの参照色を呈示し、それらの色差の中間点に相当する色を作り出す実験から、色差評価の変化を捉えられるかを調べる。呈示する色刺激の色度差に応じて、色差評価がどのように変化するか、色差評価の判断基準に変化が生じるならば、その変化は何によって決定されているかを考察する。

2. 実験

装置と刺激：暗幕で仕切られた実験ブース内が D65 蛍光灯 2 本により照明される。視距離 60 cm の CRT モニタ上に一辺視角 5.4° の正方形刺激が横に 3 つ、間隔 0.8° をあけて呈示される。刺激の背景は、OSA 色票明度 $L=2$ の灰色 ($j,g)=(0,0)$ を模擬した輝度 20.10 cd/m^2 , ($x,y)=(.314, .331)$ の灰色で、サイズは横 35° 縦 25° である。3 つ並んだ刺激の両端の 2 つが参照刺激で、中央の 1 つが調整用刺激であ

る。参照刺激の色は OSA 色票の明度 $L=0$, $j=+2$ の色度点から 7 点 (刺激系列 1), $j=0$ の色度点から 7 点 (刺激系列 2) を選んだ。それぞれの系列の色度点を図 1 に示す。明度 $L=0$ の gray 色票の輝度は 30 cd/m^2 である。また、OSA 色票の各色度点は、色弁別閾程度の色差を基にほぼ等間隔に並んでいるため、実験結果を色弁別閾程度での均等性と比較することが出来る。

手続き：各刺激系列内の 7 つの参照刺激から異なる 2 つの色をランダムに抽出し、同時に呈示する。被験者は、調整用刺激の色度を、2 つの参照刺激間の最も近い中間点へとマウスを調整することで作り出す。参照刺激の組み合わせは 21 組ある。参照刺激の左右の呈示位置を入れ替えた条件でも呈示するの

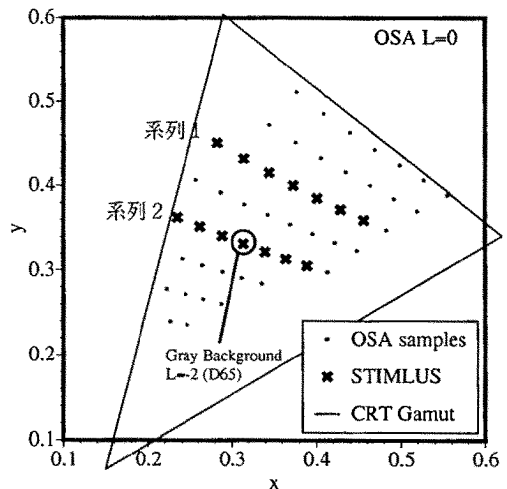


図 1 参照刺激の色度点: OSA 明度 $L=0$ の面に存在する色票の中から、2 つの系列 $j=0,2$ を選び出した。

で、合計 42 組で 1 セットになる。これを 5 回繰り返すことで、1 つの組み合わせに 10 点のデータが得られる。

ただし、調整できる色は各刺激系列の線上の色度に限られる。色度を限定したのは理由がある。本実験に先立って行った、等明度面上から自由に色を調整する実験から、調整点は彩度方向に大きくばらつくことが示された。そして、そのばらつきの程度は参照刺激の色差に必ずしも比例していなかった²⁾。平面上に散らばったデータのばらつきは極端に大きく、その解釈には問題が残った。そこで、あえて調整点の色度を直線上に限定することで、調整点のばらつきについての容易な解析が得られ、色差評価の判断基準の変化を捉えることができるであろうと考えたためである。

被験者：色覚正常、眼鏡による視力補正の 2 名の男性を用いた。

3. 結果と考察

図 2 に結果を示す。見やすさのために参照刺激間の距離ごとに分類して表示している。

図 2 より、色度差が近い組み合わせで調整点の標準偏差が小さく安定していた結果が得られていることがわかる。また、遠く離れたペアであっても、調整点は、OSA ユニットでの中間点と大きくずれていない結果が得られている。注目すべき点は、調整点が黄色（系列 1）、白色（系列 2）近傍で同色方向に近寄る傾向が見られることである。しかしながら、中間色の調整点からだけでは色差評価を議論するのは難しいと考えられる。

そこで、データの標準偏差に着目すると、調整が難しいであろう一番遠いペアであっても調整点の標準偏差がかなり小さいことがわかる。最も標準偏差が大きいのは、参照刺激間の色度差が中程度、色度差 4 のペアである。これは、色差評価の判断基準が変化したことを示唆していないだろうか。

図 3 に示すのは、ある物理空間内の 2 点間

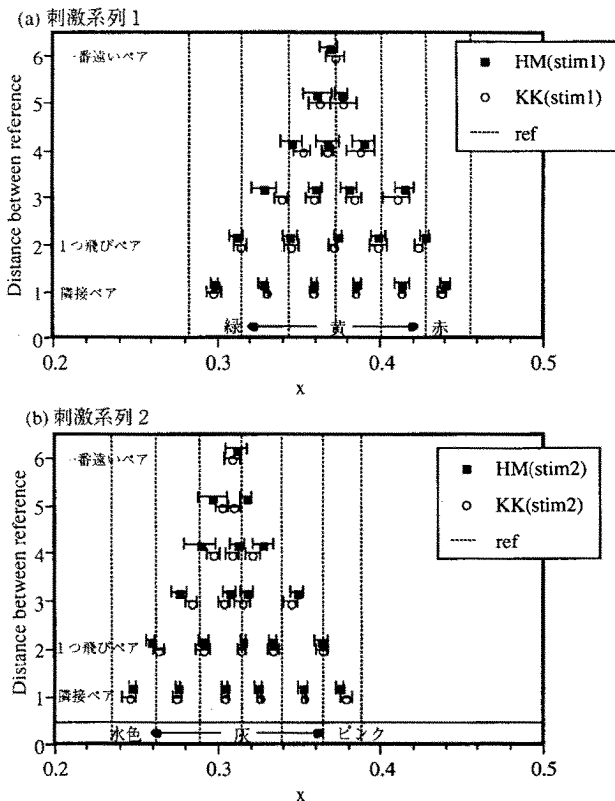


図 2 刺激系列ごとの調整点の結果。(a)刺激系列 1、(b)刺激系列 2 である。調整できる色度点は直線上に限られているため、結果は CIE1934 xy 色度図の x 値だけで示すことができる。横軸に x 値を、縦軸に参照刺激の組み合わせの OSA 距離を示す。参照刺激の色度点は点線で示されている。縦軸の値 1 は隣接ペア、すなわち隣接した点線間での調整であり、値 6 は一番離れた点線間での調整を示す。2 名の被験者の結果をシンボルで分けて、見やすさのために縦方向に少しずらして表示してある。誤差棒は x 値の標準偏差 (SD) である。

の中間点を決定をする際に予想される仮想データである。まず図3(a)で、2点の中間点を何度も調整すると、そのデータ点はある程度ばらつくだろうと考えられる。ここで仮説として、参照刺激間の距離が図3(a)の2倍、図3(b)のようにになると、データ点のばらつきも倍になると考える。これは、距離の評価の精度(閾値)がWeber則に従うということである。この仮説が正しければ、図3(c)のように横軸に参照刺激間の距離、縦軸にばらつきをとってプロットすれば、直線状になると考えられる。

実験結果の標準偏差(OSA色空間のg値のSD)を参照刺激間の色度差(OSAユニット)に対してプロットしたのが図4である。参照刺激間の色度差の小さいところでは、SDは予想したとおり、直線状に増加している。しかし色度差が大きくなるとSDは直線状ではな

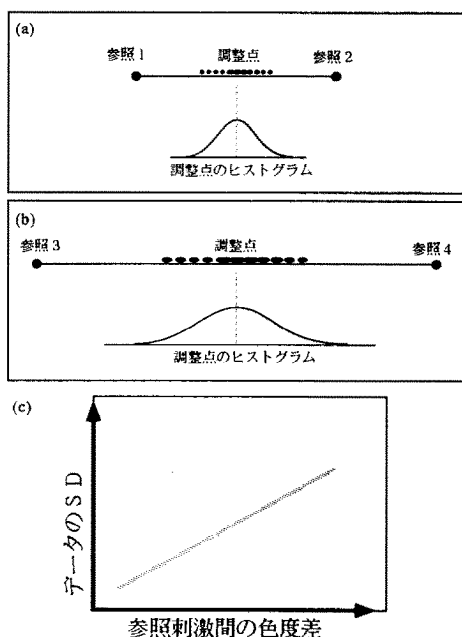


図3 データの標準偏差の予測。(a)調整点には、ばらつきが存在する。(b)参照刺激間の距離が倍になると、ばらつきの程度も倍になるだろう。(c)データの標準偏差は参照刺激間の距離に比例して増加すると考えられる。

く、頭打ちしたカーブ、あるいは下がっていくようなカーブを描いている。これは、単一な中間色決定システムからではの予想できない結果である。その原因は、システムの切り替え、すなわち色差評価の変化にあるのではないだろうか。たとえば、参照刺激間がある程度離れると、色差の判断基準が参照刺激間の距離に依存しなくなり、色の絶対的知覚に基づいて判断が行われるのではないだろうか。もしそうならば、この切り替わりは色度差4程度から起きていることになる。

今回の実験で用意した参照刺激の組は、緑～黄～赤(系列1)と水色～灰～ピンク(系列2)であり、その系列の中央の色でおおよそ色カテゴリーが分断されている。この参照刺激の組み合わせで色度差4以上というのは、明らかに1つの色カテゴリーを越えたペアである。

色差評価には、色弁別閾程度の微小色差、色の差分を評価する中色差、カテゴリー的に色を区別するカテゴリカル色差の各段階があると考えられる。過去の研究から色差評価には評価の限界色度差があり、その限界は色カテゴリーの境界によって決まっている可能性が示唆されている³⁾。

呈示する色差を広げていくと色差評価の限界に近づき、小色差評価とカテゴリカルな色差評価の2つの判断基準が入り交じる。そしてついにはカテゴリカルな判断が主になる。では、カテゴリカルな判断基準での中間色の決定はどのように行っているのだろうか。調整点を見ると、ユニーク黄(系列1)と中性灰色(系列2)に向かって調整されていた可能性が高い。これらは観測者が持つ絶対的な色尺度での調整となるので、調整点のばらつきが参照刺激の色差に依存しにくいと考えられる。また、ユニーク黄、中性灰色の近傍での調整点のずれは、二つの判断基準の干渉を表しているのかもしれない。

また、被験者の報告から、極端に離れた色のペアでの中間点の決定は消去法的に行い、

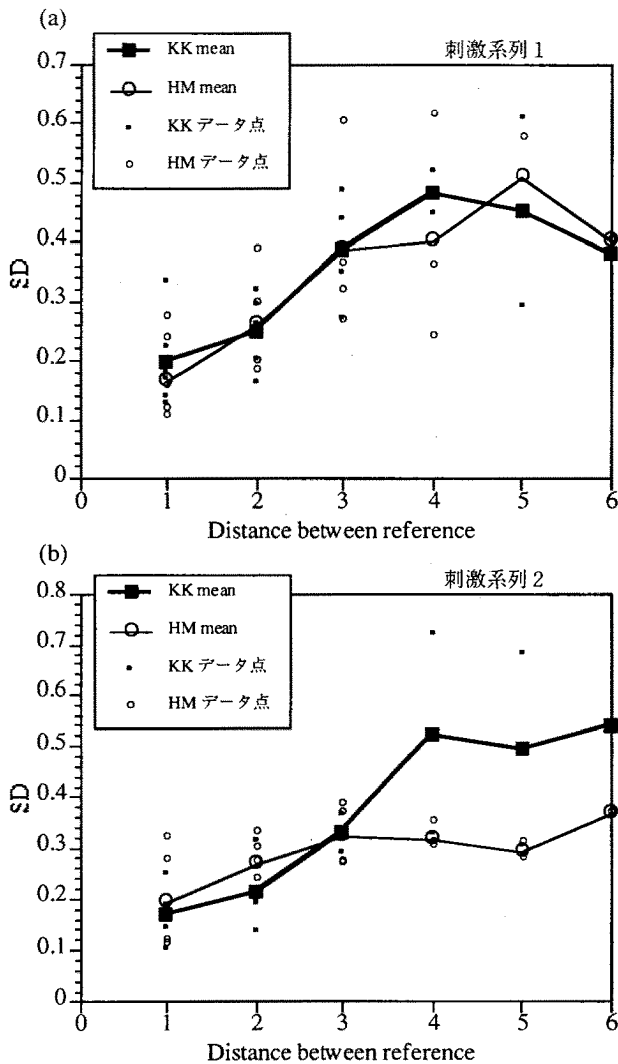


図4 参照刺激間の色差 (OSA 距離) に対する調整点の標準偏差。標準偏差はx値からではなく、OSA 色空間のg値から計算した。(a) 刺激系列1, (b) 刺激系列2である。参照刺激間の距離ごとにデータ点の個数が異なることに注意。平均値を線で結んでいる。

目的の色に向かって調整しているのではないことがわかった。被験者の報告からも、明らかに異なる判断基準を用いていたことが指摘されている。

4. 今後の課題

今回の実験から、色差評価の判断基準に変化があることは確実であろう。しかしながら、今回の実験だけでは色空間全域でどの色のペアになると判断基準が変化するかをはっきりと示すことができない。判断基準の変化が連続的であるために、そもそも変化の

線引きが難しいこともある。被験者の報告にあるように、強制的に中間の色を調整させた実験手法にも問題があるかも知れない。今後はこれらの問題を解決する必要がある。

文献

- 1) D. L. MacAdam: Uniform color scales. *Journal of the Optical Society of America*, 64, 1691-1702, 1974.
- 2) 鯉田孝和, 内川恵二, 栗木一郎: 比較刺激の色差に応じた色差知覚の変化. *カラーフォーラム JAPAN 98 論文集*, 29-32, 1998.
- 3) 鯉田孝和, 栗木一郎, 内川恵二: 色差評価の限界色度差の測定. *Vision*, 9, 241-244, 1997.