

色差評価の限界色度差の測定

鯉田孝和・栗木一郎・内川恵二

東京工業大学 工学部 像情報工学研究施設

〒226 横浜市緑区長津田町4259

1. はじめに

色差評価の数値化を困難にしている現象として、色弁別閾程度の色度差を積み重ねていくと、知覚される色差とずれが生じるといったことが知られている。色差を均等に記述しようとして試みた均等色空間は数多く提唱されているが、例に挙げたような理由で統一的に表現することは難しく、条件に応じて使い分けるといった方法がとられている。また、より大きな色差を与えようとする、そもそもの色差の数値評価が困難になる傾向がある。このような色差評価基準の変化や、評価が困難になる理由は十分解明されているとは言えない。

本研究は、色の差を広げることで、色差評価・判断にどのような変化が示されるのかを調べるものである。二つの色の差がかなり大きい場合、色の差はすでに数値的（量的）な知覚ではなく、質的な差に知覚されるようになることがある。本研究では特に、この点に着目して実験を行う。

2. 実験

2.1 原理

色差の評価・判断が変化することを積極的に取り出すために、特定の色の組み合わせに対する色差知覚の評価基準が小色差の場合の評価基準と同じかどうかを判断させる実験を行った。トレーニングセッションとして、OSA 空間での最近接の色刺激組の色差評価を

行う。ここで色差評価基準を覚え、その後刺激組の差を変化させ評価基準がトレーニングの刺激組の場合と同じかどうかを応答する。OSA 空間は色弁別から決定されているため、その最小単位は色覚メカニズムの初期段階にとってほぼ均等であると考えて良い。それゆえ、均等な差を積み重ねること、すなわちOSA 空間での距離を離していくことで判断基準の変化がどのように生じるのかを測定できると考える。本実験は、色覚メカニズムの初期段階を基準にして色差知覚のの高次段階の特性を調べることに相当する。

2.2 装置および刺激

被験者ブースは暗室になっており、外部から光が入らないようになっている。室内は D₆₅ 蛍光灯 2 本により照明されており、卓上の中心部が照度 200 lux になるように蛍光灯の位置が調節されている。机表面は OSA 明度 L=-2 に相当する灰色で塗装されている。ブース内の卓上に CRT モニターが置いてあり、図 1 で

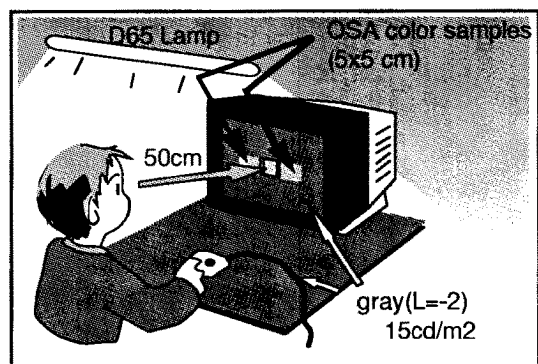


図1 被験者ブース及び装置の概略

示すような覆いが画面にかぶさっている。これによりブース内の照明光がCRT画面上に入るのを防ぐことができる。覆いの被験者側の面には OSA 明度 $L=-2$ 相当の Gray の紙を貼り付けてある。この面の中央部には一辺 5 cm の正方形の開口部があり、これを通じて CRT 上の刺激が一様に見えるようになる。被験者から CRT の覆いまでの視距離は 50 cm で、刺激サイズは視角にして 6 度。実験は一辺 5 cm の正方形の OSA 色票 2 枚を手がかりにモニター上で色の調整を行うことで進める。2 つの色票は覆いの開口部に隣接して左右に貼り付けられるようになっており、被験者には 3 枚の色票が並んでいるように見える。ただし、開口部と色票の間隔は 5 mm 離して配置する。

刺激として用いるサンプルは OSA 色票 (424 枚) から選び出された合計 66 枚で、図 2 に示すように、 $L=-2$ と $L=+1$ の明度面の中から選び出している。ここで $L=-2$ の色票は平均 16 cd/m^2 で、 $L=+1$ は平均 30 cd/m^2 である。色票は二枚の組み合わせとして呈示されるため、色票組での総当たりを組み合わせとして用いた。色票組として定めたのは、図 2 に示すような j 軸・ g 軸に平行な各列 (4 枚～9 枚) である。

2.3 手続き

実験は次に示す二つのセクションに分かれ

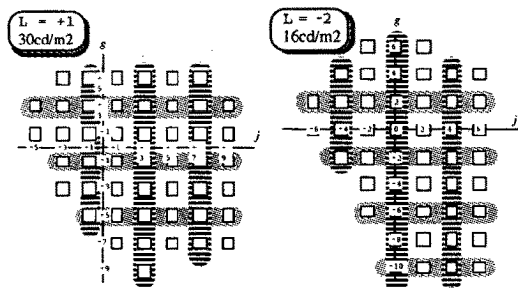


図 2 使用する OSA 色票組。刺激は 2 つの明度面内から選ばれる。図の原点は白色点で、 j 軸はユニーク黄・青軸を示し、 g 軸はユニーク緑・赤軸を示す。全ての色票組は影付けされた色票列の中から選ばれる。

ており、順に行われる。(1) まず初めにトレーニングセクションを行う。ここで 2 つの刺激組として呈示される色票は、OSA 単位で 2 unit つまり最近接の色票組だけに限る。ここで最近接の組だけを刺激として用いるのは、小さな色の差での色差評価を記憶させ、次のセクションでの判断基準として用いるためである。被験者は二つの色票の中間に相当する色を CRT 上に作り出す。この色調整を通じて最小単位での色差評価を記憶する。(2) 次に、色票組内での総当たりの色票組に対して、トレーニングセクションで記憶した色差の評価と同じ判断基準で色の調整が可能かどうかを被験者に尋ねる。すなわち、(1) で記憶した小色差の量的な評価が、色の質的な差へと変化していないかについて着目してもらい、その変化を尋ねる。ここで判断基準が異なると応答した場合は、色票組の中間に相当する色の調整は行わずに次の刺激組に移る。判断基準が異なる、という色票の組み合わせを記録し、結果とする。

2.4 被験者

被験者は TS (23), YT (24) の二名で、色覚正常の男性である。二人とも心理物理実験の経験はなく、本実験の目的を知らされていない。色彩に関する特別な教育も受けていない。

3. 結果

3.1 色の調整結果

本実験の目的は色差評価の判断基準の変化を求めることであるため、色の調整結果については省略する。ただし、行われた調整は 2 つのセクションを通じて安定しており、調整タスクに関して問題はないと考えられる。

3.2 判断基準の変化が起こる色度差について

色差評価の判断基準の変化の例として $L=+1, j=+3$ での結果を図 3 に示す。ここでは特に $j=+3, g=-9$ の色票を主対象とする。OSA ユニットで一定以上離れたときに色差評価の判断基準の変化が起きていることが示されている。

次に色の調整の可能・不可の限界，すなわち小さな色差評価の限界はどのような分布をしているかに着目する．これを示すために色差評価の限界を全ての組み合わせに対して抽出する．その方法を図3に示す．一つの色票に対してその近傍では色の調整が可能である．それが，ある色度差以上離れると色の調整が不可能になる．そこでこの境界を色差の判断基準の限界線と呼ぶことにする．この限界線をOSA等明度面にプロットする(図4)．ここで，各限界線がどの色票を基準としたものであるのかについては省略した．限界線はOSA等明度面内に一様に分布しているのではなく，局所的に集まっていることを示している．限界線の分布から，判断基準の限界は次のような特性を持っていることがわかる．

1) 特に白色近辺に多く存在する．2) $L=+1$ の条件では j 軸上に重なるように境界線が集まっている．

4. 考察

色差評価の限界が局所的に集まっているという結果から次のようなことが示唆される．色差評価ができるかどうかは，対象となる色の組が色空間の中である特定の境界領域をさむかどうかによって決まっているのであり，OSA色空間での距離などによって決まっ

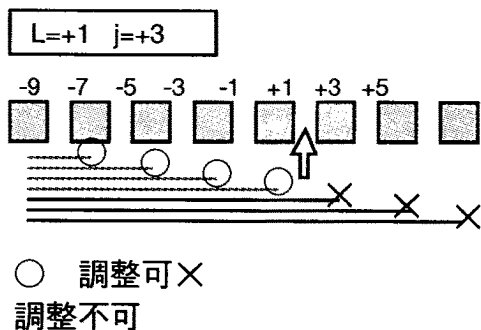


図3 トレーニングセクションと同じ判断基準で色の調整の可・不可を示す．ここでは例として $L=+1, j=+3$ の色票組で， $g=-9$ を主対象として示す． $g=-9$ の色票を基準として g 軸プラス方向への限界線は矢印が示すように $g=-1, +1$ の間となる．

ているのではない．

色差の判断基準の限界とは何であろうか．小さな色差を評価する場合は，色差の量的な知覚があるため色差を数値評価したり中間に相当する色の調整をすることは容易である．しかし，刺激の色票組が限界線をまたぐ条件の場合，色差の量的な知覚は失われ色の質的な差の知覚が主となるため，色差の数値評価

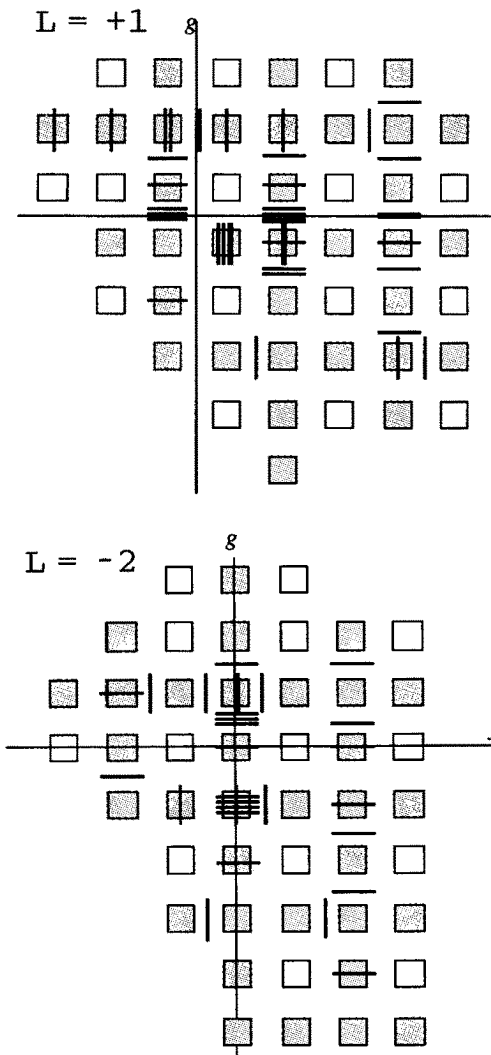


図4 2つの等明度面上での色差評価の限界線の分布． g 軸方向に平行な色票組での限界線を小さな横線で， j 軸方向に平行な色票組での限界線を小さな縦線で示す．同じ領域に重なった限界線は少しずらして重ならないように記述する．

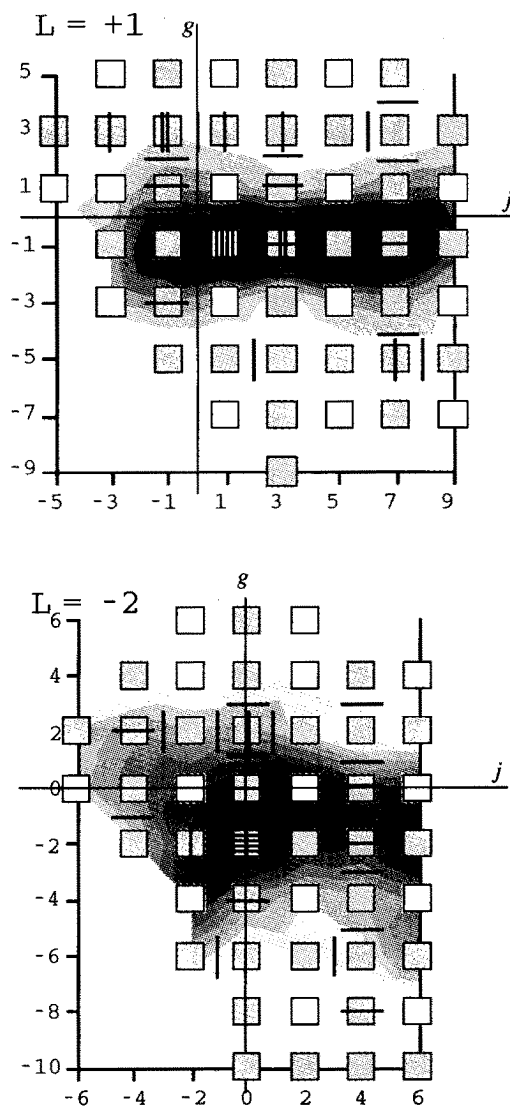


図5 色差評価の限界線の分布と色分類実験から得られた強いカテゴリー境界領域との比較。図中、暗く描かれた領域が色分類での強い境界線に相当する。

は困難となり中間色に相当する色の調整ができなくなってしまうのではないだろうか。刺激の色差が大きくなって行くに従い、以上のようなメカニズムに沿って色の調整の可能・不可を判断しているのではないかと考えられる。

このような色の質的な感覚を捉えるものとして、色のカテゴリー性が考えられる。そこで96年視覚学会夏期研究会で発表した色の分類実験から得た結果を今回の実験結果に重ねて図5に示す。特にここでは色の分類実験で示した最も強いカテゴリー境界をあてはめることにする。最も強いカテゴリー境界とは、全OSA色票を2グループ及び3グループに分類する時点ではっきりと現れる各色グループの境界線のことである。グループの境界線を抽出するために数値処理を行い、図中で暗く塗られている領域をグループの境界線として示してある。

今回の実験結果から得られた色差の判断基準の限界線の分布の特性に、ここであてはめた色の分類実験の特性が良く一致することがわかる。特に $L=+1$ の j 軸上に判断基準の限界線が並ぶことと強いカテゴリー境界が j 軸に沿って存在することは明らかな一致であろう。このことは、色差判断基準の変化は、その二つの色刺激がカテゴリー境界をまたぐかどうかによって決まるのではないかと強く示唆するものである。

文献

- 1) D. L. MacAdam: Uniform color scales. *Journal of the Optical Society of America*, 64, 1691-1702, 1974.