印刷物と CRT モニタの等色点の測色的評価

正会員 丸 山 秀 樹[†]Colorimetric Evaluation for Color Matching Points
between Printed Matter and CRT MonitorHideki Maruyama[†]

あらまし 照明条件や見えのモードを一致させた環境下で印刷物と CRT モニタのカラーマッチングを行った。異なるメディア間でもマッチングはおおむね正確にできる、周辺色の存在はマッチングをより正確にする、青の混同色線方向に等色点が変位するなどの結果を得た。

1. ま え が き

異なるメディア間の色のマッチングに関する心理物理的な研究が近年行われている¹⁾²⁾。また、メディア間の照明条件の違いが色の見えに与える効果を順応モデルから予測するなど、「異なる条件」をシミュレートする研究も比較的多い³⁾。しかし、異なるメディア間で照明条件などの「異なる条件」を一致させたとき、正確なカラーマッチングがどこまで可能であるかというアプローチの研究は、あまり知られていない。本研究は、照明条件や見えのモードなど、色そのものの以外見えを完全に一致させて、印刷物と CRT モニタの間でカラーマッチングを行い、マッチングの精度やマッチングした色の間の測色的関係を明らかにする。

2. 実 験 方 法

図1に示すように、昇華転写型の簡易校正機で出力したテストカラーパッチを中心にし、周辺を N5 (灰色) の紙、さらにその周辺をアート紙 (白色) で囲み、「印刷物呈示部」とする。また、これらと同じパターンを CRT モニタ (BARCO 社 Calibrator) に表現し、「CRT パターン呈示部」とする。印刷物呈示部の周辺

図 1 装置の概要
Outline of the apparatus.

キーワード：カラーマッチング、視環境、色見え

1996 年 3 月 29 日受付、1996 年 5 月 13 日再受付

[†] 大日本印刷株式会社 画像研究所 (〒162 東京都新宿区市谷台町 6-10、TEL 03-5269-5465)

[†] Image Processing Technology Laboratory, Dai Nippon Printing Co. Ltd. (6-10, Ichigaya-daimachi, Shinjuku-ku, Tokyo 162, Japan)

色は

N5 灰色：

$$(Y, x, y) = (20.5 \text{ cd/m}^2, 0.344, 0.363)$$

アート紙白色：

$$(Y, x, y) = (85.1 \text{ cd/m}^2, 0.347, 0.367)$$

となった。CRT カラーパッチの色は可変である。暗室内に印刷物呈示部と CRT パターン呈示部を並置し、これを観察する。このとき、質感や見えのモードなど、色そのものの以外については 2 つの呈示部が見た目に全く区別が付かないようにするため、CRT 画像は以下のように印刷物をシミュレートしたものとする。

- CRT の基準白色の色温度と印刷物の照明光の色温度は等しく 5000 K とする。
- カラーパッチ部以外の CRT パターン呈示部は、形状・輝度・色度を可能な限り印刷物呈示部と一致させる。輝度・色度は測的に一致させる。
- 印刷物呈示部の紙のエッジにおける陰影や微小な塗料のはがれも CRT パターン呈示部に画像として表現して質感を出す。
- 両呈示部以外の部分(印刷物を固定する器具や CRT 本体など)が被験者から見えなように黒い紙で遮蔽する。

上記暗室内で、色温度 5000 K、輝度 100 cd/m^2 のライトボックスを直視して 5 分間の順応の後、印刷カラーパッチ(テスト色)をランダムな順に呈示する。被験者は両眼視で印刷物と CRT を観察し、CRT カラーパッチの色(マッチング色)をテスト色に合わせる。すべてのテスト刺激について 5 回のマッチングを行う。

また、テストパッチと同サイズで彩度が低い周辺カ

図 2 テスト刺激の x - y 色度
 x - y chromaticity of test stimuli.

ラーパッチ 8 色を灰色周辺部に 3×3 のマトリックス状に配置したパターンを用いて(図 1)、周辺色が存在する場合のカラーマッチング実験も行う。

テスト刺激に用いる印刷カラーパッチは cyan, magenta, yellow 各版の網点面積率 0%, 25%, 50%, 75%, 100% を組合せた 125 色のうち、CRT に表示可能な 100 色とする。これらは輝度で $2.7 \sim 77.7 \text{ cd/m}^2$ 、明度で $L^* = 22.0 \sim 100.0$ の範囲に入る。またこれらの xy 色度は図 2 に示す。

被験者は周辺色を置かない実験では 2 名(視覚実験経験者、男性、29 歳および 38 歳、色覚正常)、周辺色を置く実験では 1 名(上記の 29 歳に同じ)である。

3. 結 果

3.1 周辺色がない場合のカラーマッチング実験の結果

テスト色とそれに対する 5 回のマッチングで得られた色の座標を被験者ごとに xy 色度図上にプロットする。図 3 に、テスト色の明度が $L^* = 60 \sim 70$ のときの被験者 HM のマッチング結果をまとめる。また図 4 に、同じく被験者 YA のマッチング結果を示す。楕円はマッチング点の分布に対する 99% の確率楕円である。結果から以下のことがいえる。

- (a) マッチング点のばらつきおよびマッチング点とテスト刺激の色度のずれは極めて小さく、異なるメディア間でもカラーマッチングは正確に行われていた。

図 3 周辺色がない場合のカラーマッチング実験の結果(被験者 HM)

Result of the color matching experiment with no surrounding color (subject HM).

図 4 周辺色がない場合のカラーマッチング実験の結果(被験者 YA)

Result of the color matching experiment with no surrounding color (subject YA).

図 5 周辺色がある場合のカラーマッチング実験の結果(被験者 HM)

Result of the color matching experiment with surrounding colors (subject HM).

- (b) マッチング点のばらつきは方向性を持っている。この方向は青の混同色線方向に近い。
- (c) マッチング点の平均色度座標とテスト刺激の色度座標は、(b)の分布と同じ方向にずれてマッチする傾向にある。
- (d) また、特に赤領域の色については、マッチング点の色度はテスト刺激の色度より高彩度側でマッチする傾向にある。

3.2 周辺色がある場合のカラーマッチング実験の結果

テスト刺激 30 色を用い、周辺にカラーパッチを配置した実験(図 5 に明度 $L^*=60\sim70$, 被験者 HM の結果を示す)より、以下のことがわかる。

単一のカラーパッチでの実験よりも、マッチング点のばらつきは小さく、テスト刺激色度とマッチング点のずれも小さい。

4. 考 察

- ・実験結果(b)のマッチング点の分布の特徴は、MacAdam⁴⁾の色弁別楕円や ATD モデルを用いた Guth ら⁵⁾の色弁別予測とよく似ており、ここからマッチング点のばらつき方は色弁別を反映しているといえる。
- ・周辺にカラーパッチを配置した実験結果から、周辺の色存在は被験者のマッチングをより正確なものとすると考えられる。
- ・(c)に見るマッチング点の平均色度とテスト刺激色度の位置ずれ(変位)は、その方向性から、CIE 表色系の標準観測者と今回の実験の被験者の間の s 錐体の感度特性の差によるものと仮定すると説明可能である。ここで、他の 3 名の被験者により 30 色の追加実験を行ったところ、被験者によらず(c)と同じ青の混同色線方向への変位が認められた。よって、上記の仮定を受け入れるならば、多くの被験者において、s 錐体の感度特性の CIE 標準観測者との差は、異なるメディア間のカラーマッチングに影響を及ぼす程度に大きいといえる。変位量の定量評価などは今後の検討課題である。
- ・検証実験として、テスト色とマッチング色をいずれも CRT モニタに表示して、同一メディア間でのカラーマッチングを行ったところ、(c)の変位は認められず、(d)の高彩度方向への変位が全体に認められた。ここから、マッチング色の高彩度方向への変位はメディアによらずマッチング作業において生じると考えられる。

5. む す び

質感や見えのモードまで一致させて、純粋に色だけをマッチングすることにより、異なるメディア間におけるカラーマッチングの本質的な精度について以下のような知見が得られた。

- ・異なるメディア間でも、見えに関する色以外の要件を一致させれば正確なカラーマッチングが可能

である。

- マッチング点のばらつき方は色弁別を反映する。
- 周辺の色が存在は、マッチングをより正確なものとする。
- 異なるメディア間では、青の混同色線の方へマッチング色が変位する。
- マッチング色の高彩度方向への変位は、メディアによらずマッチング作業において生じる。

ここで得られた知見は、CRT モニタを用いたカラー画像のシミュレーションなどの基礎となる。ただし、同じメディア間でもマッチング側の彩度が高くなることの原因のように、結果の解釈にはまだ不十分な点もあり、さらなる検討が必要である。

【参 考 文 献】

- 1) “マルチメディア色再現の基礎検討報告書”，照明学会物体色

と光源色の色の見え特別研究調査委員会 (June 1995)

- 2) 内川： “開口色と表面色モードの色の見えの特徴”，VISION, 6, 2, pp. 61-67 (1994)
- 3) N. Katoh: “Practical Method for Appearance Match between Soft Copy and Hard Copy”, SPIE Publication, 2170 (1994)
- 4) D. L. MacAdam: “Visual Sensitivities to Color Differences in Daylight”, J. Opt. Soc. Am., 32, pp. 247-274 (1942)
- 5) S. L. Guth, R. W. Massof, and T. Benzsawel: “Vector Model for Normal and Dichromatic Color Vision”, J. Opt. Soc. Am., 70, pp. 197-212 (1980)

まるやま ひで き
丸山 秀樹 1990 年，東京理科大学理学部物理学科卒業。1992 年，東京工業大学大学院総合理工学研究科物理情報工学専攻修士課程修了。同年，大日本印刷(株)に入社。以来，印刷画像の画質評価技術・色評価技術の研究開発に従事。正会員。