

高演色性蛍光ランプの照明下での明るさ感

Brightness of object colors illuminated by fluorescent lamps with high color rendering properties

橋本健次郎*
Kenjiro Hashimoto

納谷 嘉信**
Yoshinobu Nayatani

1. はじめに

有彩色物体の明るさ感は光源の演色性の変化によって著しく影響を受ける。この影響については、Aston¹⁾、Bellchamber²⁾、Boyce³⁾の実験、金谷⁴⁾の人の顔の明るさ感の定量化の実験などがある。これらの諸実験は、視対象物や実験方法が異なるものの、ほぼ同様な結果を報告しており、一般に高い平均演色評価数 Ra を有するランプの照明下の物体色は、これより低い Ra を有するランプの同一物体色にくらべ明るく感じることを明らかにしている。しかし、これらの諸研究においては、光源の演色性が明るさ感に及ぼす効果の原因はまだ解明されていない。

一般に、高い Ra を有するランプは、低い Ra を有するランプにくらべ、各物体色を高いメトリッククロマに再現する。メトリッククロマの高い色刺激は、低い色刺激にくらべ明るく知覚されるという現象は、一般にヘルムホルツ-コウラウシュ効果 (B/L 効果) と呼ばれている。この B/L 効果は、白色刺激と有彩色刺激の明るさ感の差異を表わしたものであるが、この効果が高演色性蛍光ランプの照明下での明るさ感とどのように関連しているかは興味深い問題である。

一方、Thornton⁵⁾は各種人工光源について明るさ感に関する実験を行ない、この実験結果と上述の B/L 効果とを考慮して照明環境下の明るさ感の予測式を提案した。この予測式は、光源の分光分布を赤、黄、緑、青の各成分に分け、これらの各成分を組み合わせで求めた値で示される。つまり、明るさ感は被照明対象物体の色度のかんにかかわらず、光源の分光分布によってだけに決まることを示している。しかし、色度が同一で分光分布の異なる二つの人工光源下に、同一の非選択性サンプル (無彩色) を置き、同一照度に保った場合、同じ色に見えるというのが測色学の基本であることから、Thornton らの明るさ感の式は、これに矛盾すると考えられる。

本研究の目的は主に次の二つの点を明らかにすることにある。

- 1) 光源の演色性による明るさ感の効果が B/L 効果とどのように関連しているかを明らかにする。なお、B/L 効果の実験結果として、Sanders と Wyszecki の研究結果⁶⁾を用いた。
- 2) 光源の演色性による明るさ感は、Thornton らの明

明るさ感の予測式に従うのか、つまり被照明対象物体の色度にかかわらず明るさ感の効果は一定なのかを明らかにする。

2. 実験

実験には、幅 55cm、奥行 60cm、高さ 50cm の隣接して置かれた 2 種の照明ブース (内壁 N 5) を用いた。一方のブース (左側) には、基準用光源として普通形蛍光ランプ (色温度 4100K, Ra 64; 以下、基準光源) を他のブース (右側) には、比較用光源 (以下、テスト光源) として、基準光源と色温度が比較的近い演色改善形蛍光ランプ (色温度 4500K, Ra 87)、および 3 波長域発光形蛍光ランプ (色温度 4950K, Ra 84) を取り付け、別々に点灯できるようにした。試験色としては、図 1 の下段に示す 17 サンプルを用いた。それらは 5 基本色相それぞれについて、低および中～高マンセルクロマを有し、ほぼマンセルバリュー 5/ を有する色票 13 種と、肌色 2 種、無彩色 2 種を加えた。各色票の大きさは視角約 10° とした。

実験は、まず被験者の左眼で基準ブース内および右眼でテストブース内の所定の位置 (ほぼ対称位置) の無彩色背景を約 3 分間観察させ、それぞれの照明光に順応させた後、次の二つの評価をさせた。観察面の照度は 2000 lx、約 125 cd/m² の輝度 (無彩色背景の輝度) に保たれた。

a) 17 種類の試験色からランダムに選んだ 2 枚の同一試験色をそれぞれ両ブースに提示し、被験者に両試験色を観察させ、基準光源下の試験色の明るさ感と、テスト光源下の試験色の明るさ感が同一となるように、被験者の要請に基づいて実験者がテストブースの照度を調節した。

b) 基準ブースとテストブースの観察面の照度を同一 (2000 lx) とし、基準ブースの試験色の明るさ感を "100" とした場合の、テストブース内の試験色の明るさ感を数値で直接評価 (direct estimation) させた。

被験者は、正常色覚を有する男子 6 名であり、彼らにはこの実験で期待する結果については、全く情報を与えず明るさ感だけを評価させた。被験者は、上記 (a)、(b) の実験をそれぞれ 3 回くり返した。

3. 結果と考察

図 1 は、実験 (a) に対応し、各試験色について同一明るさ感と評価された場合の、基準ブース照度に対するテストブース照度の比を対数尺度上に表わしたものである。

* 松下電器産業株式会社

** 大阪電気通信大学

図2は、実験(b)に対応し、テスト光源下のサンプルの明るさ感の direct estimation に基づく結果である。図3は、各照明光ごとに求めた各サンプルの色度である。この場合、光源間の色温度の差異は納谷らの色順応方程式⁷⁾により補正してある。

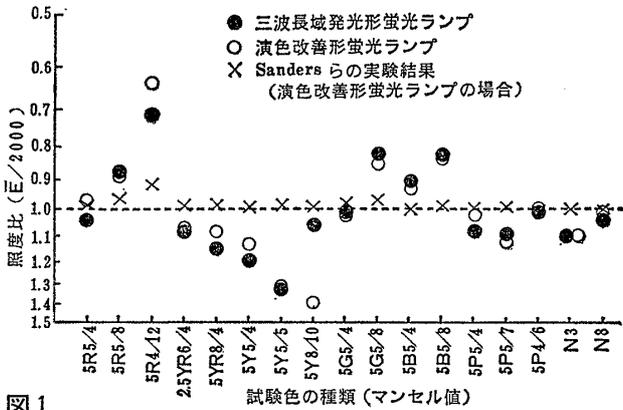


図1

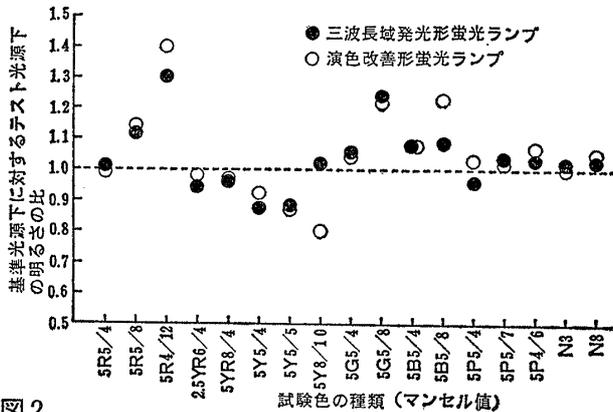


図2

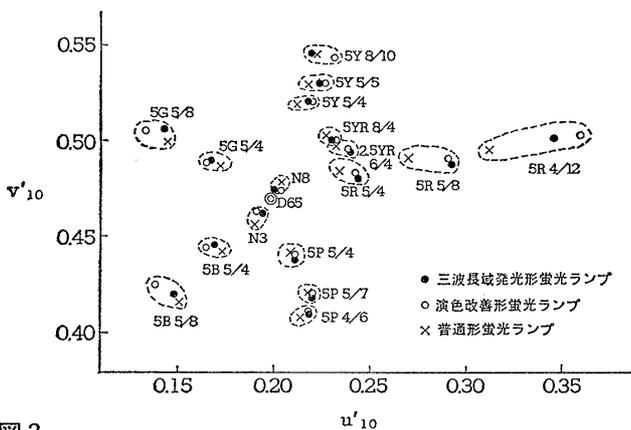


図3

これらの実験結果から次の結論が得られた。

- 1) 無彩色 (N3/, N8/) については各ランプ間で明るさ感の差はない。したがって、高演色性ランプの照明下での明るさ感の増加が、物体色に無関係とする Thornton らの明るさ感の予測式は正しくない。
- 2) 図1は照度比を対数尺度上に表わしたものであり、

図1と図2の相関はよいことがわかる。照度比の対数がほぼ明るさ感に対応することがわかる。

3) 図1の × 印の点は、演色改善形蛍光ランプについて、Sanders らの B/L 効果の実験結果を用い、図3の各サンプルの照明光による色度変化 (×印と○印の変化) から期待される輝度 (照度に対応) の変化を求めたものである。傾向的には似ている部分もあるがその効果は小さい。これらの差の原因については今後検討していく必要がある。

4) 図1, 図2より赤, 緑, 青の純色が, 低 Ra ランプにくらべ高 Ra ランプで明るく評価されている。特に, 5R 4/12 が明るく評価されている。これは, このサンプルが高 Ra ランプ下では低 Ra ランプ下にくらべ, 高メトリッククロマに再現されるためと考えられる。

5) 黄色については, 高 Ra ランプの方が低 Ra ランプにくらべわずかに暗く評価されている。これは, 図3より明らかなように実験に使用した黄色サンプルは, 高 Ra ランプ下でメトリッククロマの変化よりもむしろ色相の変化が大ききことによるものと考えられる。

6) 膚色 (2.5YR 6/4, 5YR 8/4) については, 金谷らの実験結果とは異なり, 高 Ra ランプ下で明るさ感の増加はみられなかった。この差は色票と現実の膚というサンプルの差にもとづくものと考えられる。さらに金谷らの実験のように, 両眼視による明るさ感の評価と, 今回の実験のように Haploscopic な実験方法による明るさ感の評価とが異なった評価結果を与える可能性も考えられる。この点についてもさらに詳細な検討が必要である。

以上, 光源の演色性による明るさ感効果と, B/L 効果との関連性および Thornton らの明るさ感の予測式にもとづく評価との関係を明らかにした。なお, 筆者らは, 光源の演色性の変化による有彩色物体群の明るさ感の変化の現象の解明を進めており, これまでのところ, この明るさ感の変化の現象は, 有彩色物体群から受ける目立ちの感情ではないかと考えている。

参考文献

- 1) S.M. Aston et al : Light. Res. Tes. 1-4 (1969) 259
- 2) H. E. Bellchamber et al : Light. Res. Tech. 4-2 (1972) 104
- 3) P. R. Boyce et al : CIE Compte Rendu P-75-35 (1975) 290
- 4) S. Kanaya et al : CIE Compte Rendu P-79-46 (1979) 274
- 5) W. A. Thornton et al : J. Illum. Engng. Soc. 10-1 (1980) 52
- 6) C. L. Sanders et al : CIE Compte Rendu P-63.6 (1963) 221
- 7) Y. Nayatani et al : Color. Res. Appl. 6-3 (1981) 161