

## 色温度制御照明システム構築のための基礎実験

富島 千歳

## 1 はじめに

近年、オフィスにおいて、オフィスワークの快適性や知的生産性の向上が注目されるようになってきている。また、人間の生活における照明環境についての研究が進み、照明環境の改善は知的生産性の向上に繋がることが報告されている<sup>1)</sup>。これらの背景から、我々は、ユーザの要求に応じて任意の場所に任意の照度を提供する知的照明システムを提案している<sup>2)</sup>。また、人に影響を与える照明環境の要因には、照度だけでなく色温度も存在する<sup>1)</sup>。これより、光の照度だけでなく、色温度も変化させることによって、知的生産性や快適性の向上を図ることができると考えられる。以上のことから、任意の照度と色温度を照明の性質から計算して実現する照明システム(以下、色温度制御照明システム)を構築する。本報告では、その前段階として、照明を任意の明るさで点灯させたときの任意の場所の色温度を推測するために必要な照明の性質について調べた。

## 2 色温度

色温度とは、光源の光の色と、同じ光の色を完全黒体が放射する時の温度で表し、単位は絶対温度 K (ケルビン) が用いられる。色温度は高いほど青白い色に、低いほど赤みがかった色に近づく。

照明環境における色温度に関する研究は多く行われており、その先駆的な研究である Kruthof<sup>3)</sup> による快適な照度と色温度の組み合わせの研究では、低照度では低色温度が快適であり、高照度では高色温度が快適であることが報告されている。また、近年では人間の様々な行動に適した色温度に関する研究が行われ、生活場面に応じた適切な色温度など、照明環境の設計が重要であることが報告されている<sup>4)</sup>。このことより、色温度が人に与える影響は大きいと考えられる。

## 2.1 色温度推測の課題

光の色は、色度という 2 値の値で表すことができ、この色度を 2 次元座標の図で表したものを色度図という。完全黒体が発する光の色の軌跡は、CIE1931 xy 色度図<sup>5)</sup>において Fig. 1 上の  $duv=0$  の線で表され、これを黒体放射軌跡と呼ぶ。この色度図上の軌跡の 1 点 1 点に対応する色を、その色を発する完全黒体の温度で表す。また、黒体放射軌跡の近くに位置する色は軌跡上の最も近い点の色温度で表され、これを相関色温度と呼ぶ。なお、相関色温度は、同じ値であっても色度が異なる場合が存在し、この相関色温度が等しい色度を結んだ線を等色温度線と呼ぶ。このように、相関色温度は、同じ値であっても、色度が異なる場合が存在する。このため、任意の

色温度を推測するためには、照明の相関色温度を一意に決定する必要がある。これらのことから、照明の色度から任意の場所の色度を推測し、色度を色温度に変換することによって任意の場所の色温度を推測できると考えられる。なお、色度から色温度の変換は、JIS で標準化<sup>6)</sup>されており、この変換には CIE1960 USC 色度図<sup>5)</sup>での uv 色度が用いられる。xy 色度から uv 色度の変換が行えるため、本研究では uv 色度を用いる。

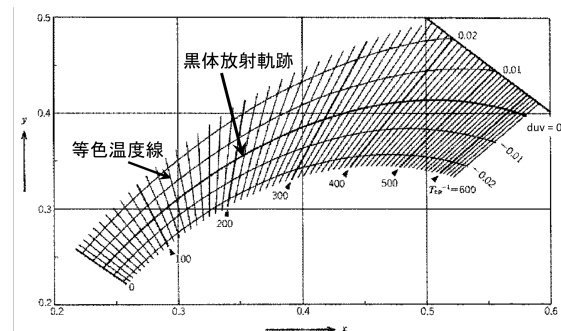


Fig.1 CIE1931 色度図における黒体放射軌跡及び等色温度線 (参考文献<sup>6)</sup>より引用)

## 3 色温度基礎実験

色温度制御照明システムを構築するためには、色温度の性質について理解する必要がある。しかし、色温度と光度、および照度との関係など、色温度の性質についてはほとんど研究が行われていない。一方、色温度と同じく照明環境の一要素である照度の性質については、すでに多くの研究がなされている。照度とは、光によって照らされている任意の場所の明るさで、単位は lx (ルクス) である。ある地点の照度は、光源の光度値から計算で求めることができる。また、複数の照明が存在する場合は、各照明から求めた照度の合計によって求められる。

色温度に関しても、同様の性質があると仮定し、光度制御システムを用いて、色度と光度の関係を調べる実験、および色度と照度の関係を調べる実験を行った。なお、光度とは、照明の光自体の明るさで、単位は cd (カンデラ) であり、光度制御システムとは、蛍光灯の光度を直接変更するシステムである。

## 3.1 色度と光度

照明の光度によって色度が変化するかを調べる実験を行った。電球色蛍光灯 (2800K) と昼白色蛍光灯 (4900K) 1 灯づつを用いて、各照明の光度値を変化させた時の照明直下での色度を測定した。結果を、Fig. 2 および Fig. 3 に示す。また、色度から色温度を算出した結果を Fig. 4、および Fig. 5 に示す。

昼白色、電球色蛍光灯ともに、光度が下がると u の値

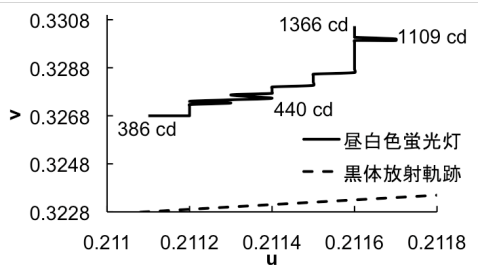


Fig.2 光度と色度の関係 (昼白色蛍光灯)

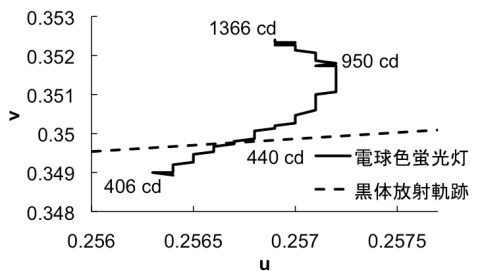


Fig.3 光度と色度の関係 (電球色蛍光灯)

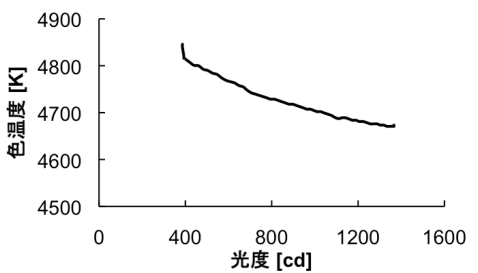


Fig.4 光度と色温度の関係 (昼白色蛍光灯)

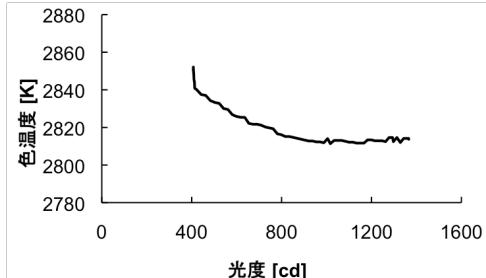


Fig.5 光度と色温度の関係 (電球色蛍光灯)

が減少し、 $v$  の値は少し増加した後減少することがわかった。相関色温度に関して、照明の光度が増減すると、色温度が下がることがわかった。また、相関色温度の光度による変化は、昼白色蛍光灯のほうが大きいことがわかった。本実験より、色度および相関色温度は照明の光度によって変化することがわかった。

### 3.2 色温度の異なる 2 灯の蛍光灯による色度

電球色蛍光灯 (約 2800 K) と昼白色蛍光灯 (約 4900 K) 1 灯づつを用いて、照明直下位置における色度を測定し、各照明の照度値の比から色度を推測した値との比較を行った。照度値から色度を算出する際には、3.1 節で測定した照明の設定光度値における色度を用い、2 灯の照明の色度を照度比で内分することによって求めた。実験で使用した照明の光度範囲は、電球色、昼白色蛍光灯ともに約 450~1400 cd となっている。本実験ではこの範囲の中で、500 cd (光度 A)、900cd (光度 B)、1300cd (光度 C) を設定値とし、9 種類の組み合わせにおける色度を測

定した。結果として、4 種類の組み合わせのグラフを Fig. 6 に示す。

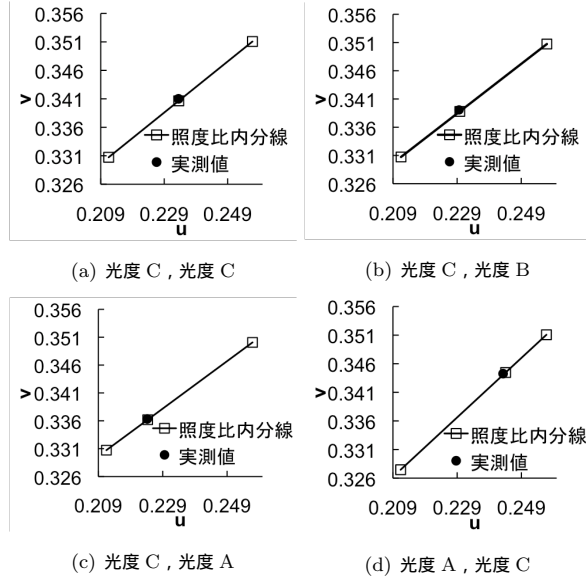


Fig.6 蛍光灯の照度比内分 (昼白色蛍光灯の設定光度光度, 電球色蛍光灯の設定光度)

Fig. 6 より、異なる色度の照明が 2 灯存在する環境における色度は、各照明の任意の光度における色度を照度比で内分することにより求められることがわかった。なお、他の 5 種類の組み合わせによる実験結果からも、上記のことがわかった。

## 4 今後の展望

本実験より、色温度の異なる 2 つの光源の光を混ぜ合わせたときの色度は、各照明の色度を照度比で内分した色度となることが分かった。このことより、異なる色温度の照明 2 灯を任意の光度で点灯させたときの任意の場所の色温度が推測できることがわかった。

今後の展望としては、この結果が複数灯の異なる色度の照明が存在する環境でも成り立つのかを調査し、各照明を指定光度で点灯させた際の色温度を推測する。また、任意の場所に指定の色温度を満たす点灯パターンをシミュレートし、任意の場所に任意の照度と色温度を提供する色温度制御照明システムを構築する。

## 参考文献

- 1) 大林 史明, 富田 和宏, 服部 瑤子, 河内 美佐, 下田 宏, 石井 裕剛, 寺野 真明, 吉川 榮和: オフィスワークのプロダクティビティ改善のための環境制御法の研究 - 照明制御法の開発と実験的評価, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006, Vol.1, No.1322, pp. 151-156, 2006
- 2) 三木 光範: 知的照明システムと知的オフィス環境コンソーシアム, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3(2007), pp. 399-410, 2007
- 3) Kruithof, A. A.: Tubular luminescence lamps for general illumination, Philips Tech.Review, 6, pp. 65-96, 1941
- 4) 高橋 啓介: 照明の色温度と照度とが室内環境評価に及ぼす効果, 医療福祉研究, Vol.2(2006), pp. 30-36, 2006
- 5) CIE (国際照明委員会: Commission Internationale de l'Eclairage) [http://www.cie.co.at/index\\_ie.html](http://www.cie.co.at/index_ie.html)
- 6) JISZ8725: 光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法, 1999