

照度と光色の制御が可能な照明システム

Lighting System enabling the control of Illuminance and Color Temperature

三木 光範*1

Mitsunori Miki

富島 千歳*2

Chitose Tomishima

廣安 知之*3

Tomoyuki Hiroyasu

*1同志社大学理工学部

Department of Science and Engineering, Doshisha University

*2同志社大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Doshisha University

*3同志社大学生命医科学部

Department of Life and Medical Sciences, Doshisha University

The lighting environment in offices improves worker's intellectual productivity and amenity. we paid attention to the illuminance and the color temperature that is the element of the light environment, and constructed the system that provided the target illuminance and the color temperature. We experimented to examine the character of the illuminance and the color temperature with fluorescent lamps of different colors with possible dimming. From this experiment, we constructed the system that provides the target illuminance and color temperature.

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、光環境が人に与える影響についての研究が行われている [1]。光環境の要因には、照度、光色、および演色性などが存在する。光環境の中で特に照度と光色に着目した研究も行われている。このような研究では、目標照度および光色を実現するシステムが必要である。現在の研究で用いられているシステムは、手動制御によって照度および光色を実現させている。しかし、この手法では目標を合わせるの容易でない。このため、目標照度および光色の目標を入力するだけで実現する照明システムを構築する。このシステムを用いることにより、種々の光環境が人に与える影響についての実験を行うことができる。なお、本研究では光色を表す指標として色温度を用いる。

2. 照度と光色が人に与える影響

照度とは、ある場所での明るさを表し、単位は lx (ルクス) である。照度が人に与える影響について多く研究が行われており、照度を 1 日の中で変化させる日動変化の照明制御が知的生産性向上に繋がることが報告されている [1]。また、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。色温度の高低が人に与える影響は大きいことが報告されている [2]。

このことより、照度と光色が人に与える影響は大きいと考えられる。

3. 目標照度および色温度を実現する照明システム

3.1 提案システムの要件

本システムは、光度と照度および色温度の関係式より、目標照度および色温度の実現を行うこととする。また、様々な色温

連絡先: 富島 千歳, 同志社大学大学院, 京都府京田辺市多々羅都谷 1-3, 0774-65-6924, ctomishima@mikilab.doshisha.ac.jp

度を実現するために、本システムでは 2 灯の異なる色温度の照明を用い、各照明の明るさを変化させることによって幅広い色温度を提供する。

照度は、光源からの距離の二乗に反比例するという性質があり、光源の光度からある地点の照度を関係式で求められる [3]。一方、光度からある地点の色温度を求める関係式は存在しない。また、光度を測定するのは容易でないため、照度と色温度の関係式を求めることにより、光度と色温度の関係式を導出する。なお、光度とは光源の明るさを表す。

3.2 光度と色温度の関係式導出の問題点

色温度を表す黒体放射軌跡線は色度を 2 次元座標に変換した色度図 [4] 上において図 1 の $d_{uv}=0$ の線で表される。この軌跡線付近の値は、最も近い軌跡線上の色温度で表され、これを相関色温度と呼ぶ。また、相関色温度が等しい値の線を等色温度線と呼ぶ。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ため、より正確な関係式を求めるためには、色度を用いる必要がある。そこで、色度を用いて光度と色温度の関係式を求める。なお、色度から色温度の変換は、JIS で標準化されている [5]。

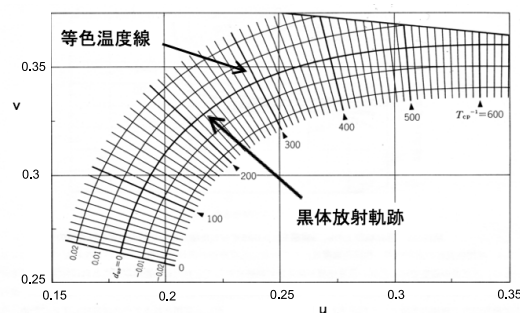


図 1: 色度図における黒体放射軌跡および等色温度線 (参考文献 [5] より引用)

3.3 光度と色温度の関係式導出実験

3.1 および 3.2 節より照度と色度との関係式を調べ、光度と色温度の関係式を導出する。昼白色蛍光灯と電球色蛍光灯 1 灯ずつを用いて、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。90, 60,

および 30 % を明るさの設定値とし、9 種類の組み合わせにおける色度を測定した。結果の内、4 種類の組み合わせにおける結果の色度図を図 2 に示す。なお、昼白色蛍光灯を N、電球色蛍光灯を L として表記する。

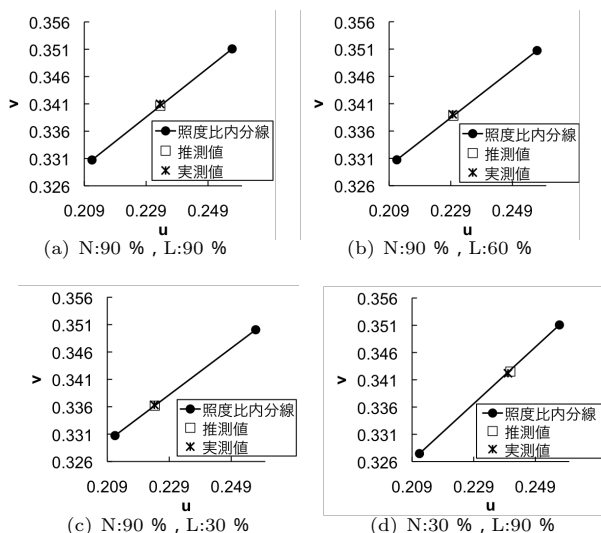


図 2: 蛍光灯の色度推定

実験結果より、異なる色温度の照明が 2 灯存在する環境における色温度は、各照明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。

実験から得られた、色温度の異なる 2 灯の照明を用いた環境下における照度と色温度の関係式より、目標色温度を求める色度に変換することで、求める色度および各照明の色度から各照明の照度比を算出し、目標照度および色温度を実現する光度を導出できると考えられる。

3.4 提案システムの動作

3.3 節で導出した光度と色温度の関係式を用いて、ユーザが目標とする照度と色温度を入力することで、目標照度と色温度を実現できるシステムを構築した。システムの動作は、次の通りである。

1. 目標照度と目標色温度の設定
2. 目標色温度の色度変換
JISZ8725[5]の色温度算出方法を用いて、目標色温度を黒体軌跡上の色度に変換する。
3. 昼白色蛍光灯と電球色蛍光灯を用いて実現できる色度の設定
色度図上において、異なる 2 点の色度を用いて実現できる色度は 2 点の直線上となる [6] ため、各蛍光灯の色度を結んだ線が実現できる色度の範囲となる。
4. 目標色温度の等色温度線上において、2 種類の蛍光灯を用いて実現できる色温度 (色度) の算出
目標色温度の等色温度線と 2 種類の蛍光灯の色度を結んだ線の交点を目標色温度の色度とする。
5. 各蛍光灯の照度比率および照度の算出
昼白色蛍光灯の色度と電球色蛍光灯の色度を結んだ線上を、算出した色度が分割する比率を 2 灯の照度比とし、目標照度を照度比で分割することで各蛍光灯の照度を算出する。

6. 各蛍光灯の光度の導出および点灯
各蛍光灯の光度と照度の関係式から、各蛍光灯の照度を満たす光度を導出し、点灯する。

3.5 提案システムの検証

システムの検証のため、目標照度と色温度を設定し、システムによる光度における実測値との比較を行った。実測値は、昼白色蛍光灯と電球色蛍光灯が対になった蛍光灯を用い、これら 2 灯の中心で測定を行った。4 つの目標値を用いて検証を行った。設定値および実測値の結果を図 3 に示す。

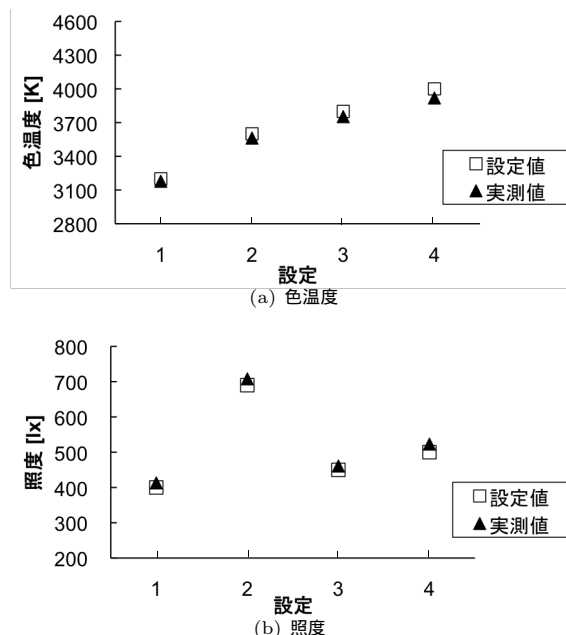


図 3: 目標照度および色温度と実測値

結果から、目標値と実測値の誤差は、照度において 50 lx、色温度において 100 K 以内であることがわかった。このことより、本システムは目標照度および色温度を実現する有効なシステムであると考えられる。

4. まとめ

本研究では、光環境の照度と光色に着目し、2 種類の色温度の蛍光灯を用いて実験を行い、目標照度および色温度を実現するシステムの構築を行い、システムの有効性が示された。今後の課題としては、本研究で構築したシステムをより汎用性を高めるため、複数の目標照度と光色を実現する必要がある。

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. オフィスワークの生産性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] 戴倩類, 井上学, 下村義弘, 岩永光一, 勝浦哲夫. I-2 オフィス空間における照明色温度の日内変動が生理心理機能に与える影響. 日本生理人類学会誌, Vol. 5, No. 2, pp. 12-13, 2000.
- [3] 逐点法による照度計算. <http://iwasaki.co.jp/kouza/212/index.html>.
- [4] CIE (国際照明委員会: Commission Internationale de l'Eclairage). http://www.cie.co.at/index_ie.html.
- [5] JIS. JISZ8725:光源の分布温度及び色温度・相関色温度の測定方法, 1999.
- [6] 篠田博之, 藤枝一郎 (編). 色彩工学入門, p. 108. 森北出版, 2007.