30 特殊関数を用いた、高度配光制御、高効率

蛍光灯反射笠の 3 次元光学設計

仲 雅博 甲斐田 隆一 山科 英樹 池田 紘一 小原 清成
(東 京 理 科 大 学)

1. はじめに

近年、オフィス等における急速な O A 化の進歩の中で、蛍光灯などの照明器具による C R T 画面への写り込みや、机上や本からの反射光などを抑えるように考えられた照明器具の開発は遅れぎみであり、そのため作業者の目の疲労や、作業能率の低下といった問題を引き起こしている。

これらの問題を解決するため、計算機上で特殊関数曲線を用いた笠を設計し、その笠の配光をシミュレートして予測することにより、配光制御に適し、かつ効率の良い笠形状を開発することが本研究の目的である。今回、当研究室で開発した 3 次元光学 C A D システムによって得られた予測配光図が良好な結果を得られたのでここに報告する。

2. 理想的配光

ここでは、一般的なオフィスにおける照明環境の問題点をとりあげ、それにより理想的配光とはどのようなものであるかを検討する。

図 1 は C R T 画面への照明の写り込みと、直接目に入ってくるグレア光の様子を表している。この図によると、天井高 $H = 2.7\text{m}$ 目線高 $h = 1.1\text{m}$ としたとき、鉛直角 θ が約 60° 以上の光が出ないものが好ましいことがわかる。

図 2 は、机上の雑誌等に照明の光が反射して文字等が読みにくくなる様子を表しており、統計によると、机上面に対する鉛直角が、 $15^\circ \sim 35^\circ$ の光が最もこの原因となることが分かっており、 $15^\circ \sim 35^\circ$ の光度を抑える必要がある。

このように、一般的なオフィスにおける最も代表的な問題点を 2 つ挙げたが、これをもとに理想的配光の一例として、図 3 のように、鉛直角 60° 以上の光を出ないようにし、 $15^\circ \sim 35^\circ$ の光度を抑えたものが良いことが分かる。

本システムは、この様に目的とする配光をまず決め、その配光が得られ、かつ高効率な笠を特殊曲線を用いて設計していくものである。

図 1 C R T 画面への写り込み

図 2 机上の反射光

図 3 理想的配光図

Three Dimentional Optical Design of Fluorescent Luminaire Reflectors
with Comfortable Luminous Environments and High Efficiency
using Specially Curved Surfaces
M.Naka R.Kaida H.Yamashina K.Ikeda K.Obara

3. 3次元光学CADシステムの概要

笠の形状の設計は、笠形状設計プログラムにより対話形式で自動的に種々の特殊関数曲線、直線を組み合わせて設計できるようになっている。

配光計算プログラムは光源から出る光線をベクトルとして、その軌跡を追跡していく光線追跡法を用い、笠による反射光は正反射光のみとした。光源は72個の点光源からなるリング状光源が、管の長さ方向に1cmおきにあるとし、それぞれの点光源からはランベルトの法則に従い、図4のように光線が出ているものとした。

集計は器具を点光源とし、笠の開口面から出た光線の出射角度のみを扱い、無限遠点において集計した。

図4 光線の設定

4. シミュレーション結果

図5に示したものが今回用いた笠形状で、笠の開口幅は22cm、管・笠の長さは50cm、笠の上部にはインボリュート曲線という効率を良くするのに有効な曲線を用い、その他の部分には、当研究室で開発した蛍光灯の光を制御するのに適したスーパーパラボラという特殊関数曲線を採用している。今回は鉛直角60°付近方向に光線が強く出るように設定した。

図6が3次元配光予測プログラムによって得られた予測配光図である。これを見ると、先ほど設定した理想的配光にかなり近づいていることがわかる。

図5 特殊関数を用いた笠形状

図6 予測配光図

5. まとめ

今回製作した3次元配光予測プログラムを用い、配光をシミュレートさせることで、実際に笠を作成しなくとも配光図を得ることが可能となった。この配光図をもとに設計した笠に改良を加えることで、目標の配光図に近い笠の設計が容易になった。また、特殊関数は複雑、かつ微妙な曲線であり、笠を作成しなくとも配光図を得られるということは、画期的であると考えられる。