

## 液晶プロジェクターの照明光学系

本宮 佳典

近年、液晶プロジェクターの開発が盛んになってきている。この背景には、大画面ディスプレイに対する需要の拡大や液晶技術の進歩が挙げられる。液晶プロジェクターは、小型軽量低価格で大画面高画質の表示が実現でき、画面の歪みも少ないなどの特長を有している。しかしながら、室内光のもとで使用する場合などでは明るさがまだ不十分であり、光の利用効率の向上を中心とした種々の技術開発がなされてきている<sup>1,2)</sup>。本稿でも、パネルを照射するまでの光学系における光利用効率の向上を目的とした検討を紹介する。

### 1. 中抜け対策技術

照明光学系は、光源のランプを発した光を液晶パネルに導く部分である。通常、放物面鏡または回転楕円面鏡などのリフレクターを使って集光する。回転楕円面鏡は、放物面鏡と比べると、光源ランプを出た同じ立体角内の光をカバーしようとしたとき、より小径の鏡で実現できる。反射して集光した後の発散光はコリメーターレンズで平行光として用いる。ただし、光軸近傍はランプ自体の影となるため、中心に暗い領域（中抜け）が発生する。この対策としては、テーパーロッドを用いる方式や、円錐プリズムを用いる方法<sup>3)</sup>が知られている。さらに簡便な方式として、筆者らは薄型の回折型素子を用いる方式を提案した<sup>4)</sup>。これは、楕円面鏡の第2焦点近傍に図1に示す形状の素子を挿入し、中抜け部を補填するように光ビームを偏向するものである。薄型で、比較的容易に冷却ができる。

### 2. ビーム形状変換技術

従来、円形の光ビームで矩形のパネルを照射することから、周辺の光がむだになっていた。これを有効に利用するには、円形光ビームを矩形断面の光ビームに変換する必要がある。この際、単に光をパネルの領域に導くだけでなく、均一性と指向性を確保することが必要であ

る。指向性の確保は、液晶パネルを変調特性が良好な入射角度で使うために、またパネル透過後に投影レンズ入射瞳へ有効に光が導かれるために重要である。このような機能を実現する光学系の方式として、図2に示すように、2枚の素子を用い、素子1で配光を制御して均一で矩形に近い強度分布を実現し、素子2で指向性を回復する方式を検討した。

設計には、素子を特徴づけるものとして、未知パラメーターを含む関数形の位相関数  $\phi$  を想定し、最適化の手法でその未知パラメーターの値を決定する。具体的には複数の入射光線にそれぞれ目標到達点を設定する。例えば  $i$  番目の光線の素子への入射位置を  $(x_i, y_i)$  とし、その目標到達点の座標を  $(x'_i, y'_i)$  とする。各光線の到達点を  $(x''_i, y''_i)$  としたとき、

$$S = \sum_i \{(x''_i - x'_i)^2 + (y''_i - y'_i)^2\} \quad (1)$$

を最小とするように未知パラメーターを決定する。

関数形としては以下の形を仮定して設計を試みた。

$$\phi(r, \theta) = \sum_{J,K} C_{JK} r^J \cos K\theta \quad (2)$$

$$(x = r \sin \theta, y = r \cos \theta)$$

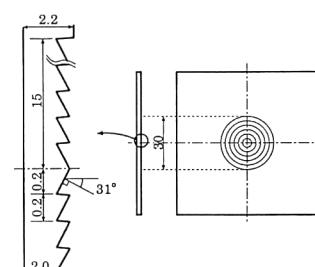


図1 中抜け対策用回折型素子。

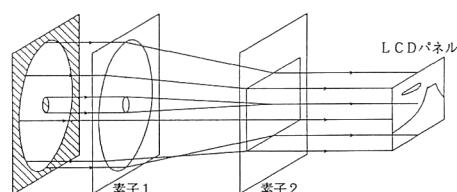
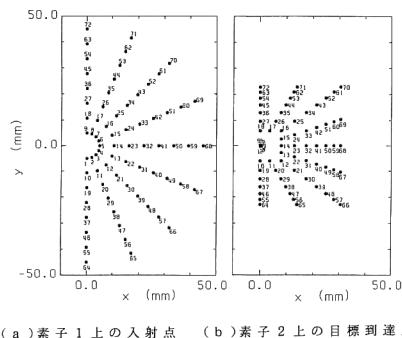


図2 ビーム形状変換の概念図。

Illumination optics for LCD projectors (1996年7月29日受理)  
Yoshinori HONGUH (株)東芝研究開発センター (〒210 川崎市幸区小向東芝町1)



(a) 素子 1 上の入射点 (b) 素子 2 上の目標到達点

図 3 目標到達点の設定。

ただし、 $(J, K) = (1, 0), (2, 0), (3, 0), (4, 0), (5, 0), (1, 1), (2, 1), (3, 1), (4, 1), (5, 1), (1, 2), (2, 2), (3, 2), (4, 2), (5, 2), (2, 3), (3, 3), (4, 3), (5, 3), (2, 4), (3, 4), (4, 4), (5, 4), (3, 5), (4, 5), (5, 5), (3, 6), (4, 6), (5, 6)$  の 29 項を採用した。なめらかで実用的な解を得るために、未知パラメーターの数を光線数より十分小さくする必要がある。最適解は一般的な非線形最小 2 乗法の処方で求められる。解の妥当性は改めて光線追跡などで確認する。

目標到達点は、素子 1 上の座標と素子 2 上の座標に対応させる二次元のマッピングを設定し、それに従って設定する。マッピングは、与えられた強度分布に対して、変換後に所望の強度分布が得られるように設定する。二次元座標のマッピングは一意的には定まらないが、「入射光の光軸を中心とする同心円が、素子 2 面でも光軸を中心とする、パネル形状と相似な矩形に対応する」といった条件を付加することで一意的にマッピングが定義される。図 3 にサンプル光線の入射位置と目標到達点の例を示す。入射光は半径  $R = 45 \text{ mm}$  の有効径をもち、中心に半径 5 mm の無効領域があるとする。ガウス形の分布を仮定し、 $1/e^2$  値半幅  $W$  は、 $R/W = 0.7$  であると仮定した。パネルは 4 : 3 のアスペクト比で対角長 3 インチの矩形を想定した。素子 1 と 2 の間隔は 200 mm とした。

これらのデータから素子 1 を設計すると、入射位置と実際の到達点を求めることができる。素子 2 の設計に際しては、逆向きに入射した光がそれらの点を逆向きに通過するように、素子 1 への入射位置を今度は目標到達点として設定して、同様の計算でパラメーターを決定した。

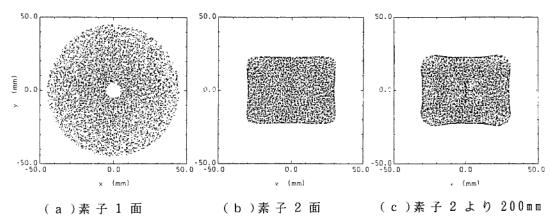


図 4 光線追跡による性能評価。

光線追跡によるビームの形状変化のシミュレーション結果を図 4 に示す。中心の暗い領域が解消し、概略矩形の領域が、ほぼ一様に照明されることがわかる。さらに、素子から 200 mm 離れても照射パターンがほぼ不变であることから、平行度もほぼ確保されていることがわかる。

位相関数で特徴づけられた素子は、回折型素子、あるいは近似的に曲面形状の屈折型素子で実現することができる。回折型素子の場合、波長分散が生ずるが、高次回折光を用いる構成をとることで、白色光に対しても十分な特性を実現できる<sup>5)</sup>。ただし、回折格子溝は同心円ではないため、作製は相当な困難が予想される。これに対して、表面形状を  $\phi/(n-1)$  とした屈折率  $n$  の素子を形成することで近似的に素子を構成することも可能である。肉厚が比較的薄く、滑らかな曲面であれば十分実用的であると予想される。

以上、まだ初期的な段階ではあるが、中抜け対策とビーム形状変換について検討した。実際のプロジェクターでは、用途や価格帯に応じた種々の制約を加味してさまざまな技術を組み合わせた設計をすることが必要である。最適設計技術を応用した本方式は、従来と異なる特長をもつアプローチのひとつとして、十分な実用性があると考えられる。

## 文 献

- 1) 窪田恵一、今井雅雄、松本隆幸：“投射型液晶ディスプレイ”，光学，24 (1995) 611-616.
- 2) 今井雅雄：“液晶プロジェクター用高輝度光学系”，光学，25 (1996) 301-306.
- 3) 大井好晴、若林常生、芹澤成幸、尊田嘉之：特開平6-123869、特開平6-175129.
- 4) K. Shimura, Y. Honguh and M. Shiratsuchi: "Illumination optics with a diffractive optical element for a LCD projector," Technical Digest of the Fifth Micro-Optics Conference (Opt. Soc. Jpn., 1995) pp. 141-151.
- 5) D. W. Sweeney and G. E. Sommargren: "Harmonic diffractive lenses," Appl. Opt., 34 (1995) 2469-2475.