

家庭用40型液晶プロジェクションテレビ用光学系

Optical Components for 40-inch LCD Rear-Projection TV

坂本 務
T. Sakamoto三原 久幸
H. Mihara鈴木 茂夫
S. Suzuki

マルチメディア時代の高画質大画面ディスプレイに適した背面投写型液晶プロジェクションテレビ用光学系システムを開発した。集光系には、光源であるメタルハライドランプからの光を高効率に集光し、5型の大型液晶パネルをむらなく照射するインテグレータタイプを採用した。あわせて123万ドットの液晶の画素をひずみと色ずれなくスクリーン上に解像し、セット形状の奥行き38cmを可能にする広画角投写レンズを開発した。さらに、このレンズはテレビ映像とパソコンRGB(赤、緑、青)映像の倍率の違いを吸収するため変倍タイプとした。

また、スクリーン上の細かい画素とレンチキュラとの干渉じま(モアレ)を発生させないために0.1mmピッチの高コントラストスクリーンを新たに開発した。

We have developed an optical components system for an LCD rear-projection TV suitable for high-quality large-screen displays for multimedia. The system we have adopted is an integrator type which evenly projects light from a metal halide lamp onto a 5-inch-wide LCD panel. We have also developed a wide-angle lens which can project a total of 123 million dots onto a screen without distortion or misconvergence. The lens has variable magnification so as to adjust to the differences between TV picture size and personal computer RGB picture size. In addition, we have developed a high-contrast screen of 0.1 mm pitch so as to avoid producing moire between the small dots and the lenticular screen.

1 まえがき

背面投写型液晶プロジェクションテレビの原理は、液晶パネルに強力な光を当て、その透過光をレンズでスクリーンに拡大投影することである。

従来のブラウン管を用いた背面投写型プロジェクションテレビと比較して、以下のメリットがあげられる。

- (1) 周辺まで鮮明な解像を得られ、フォーカス性能、絵のキレが良い。
- (2) 長時間同じ映像を表示することにより蛍光体の焼付きが発生するブラウン管式とは違い、焼付きが発生しない。
- (3) 地磁気の影響を受けず色ズレが発生しないため、設置フリーである。
- (4) 寸法の大きなブラウン管やレンズを3本必要とするのとは違い、小型・軽量化が可能である。

しかし、それらを実現するためには以下のような新規開発要素がある。

- (1) ブラウン管式にはない照明系が新たに必要である。
- (2) 色ずれ、矩(く)形ひずみなどを映像の形を磁気・電氣的に補正することができるブラウン管式とは違い、液晶式ではそれら性能が非常に高いことが投写レンズに求められる。
- (3) 前記内容と関連するが、アスペクト比、オーバスキ

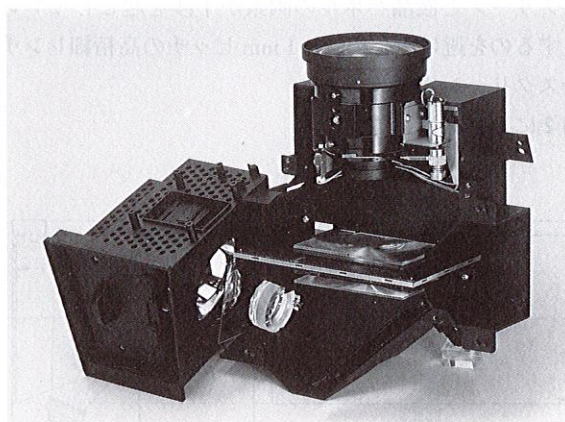


図1. 液晶プロジェクションテレビ光学系 照明系と投写レンズをL字に配置することでコンパクト化を図っている。

Optical components for LCD rear-projection TV

ヤンの違いを偏向により映像の大きさで実現するブラウン管式とは違い、液晶式では光学的に行う必要がある。

- (4) 液晶の画素数が増えドットの粗さ感はほとんどないものの、縦に細かい溝のあるレンチキュラスクリーンとの間でモアレが発生する。

これら問題点を解決し、図1に示す家庭用40型液晶プロジェクションテレビ用光学系システムを開発した。

2 概要

まず、マルチメディア対応の液晶プロジェクションテレビを実現するうえでの目標として以下の仕様を決めた。

- (1) 明るく均一でコントラストの高い画面と、奥行き 38 cm 高さ 91 cm の小型サイズの液晶プロジェクションテレビを実現する。
- (2) テレビ映像とパソコン RGB 映像を表示するため、4 % のオーバースキャンと 1 % のアンダースキャンを切り換える。
- (3) テレビ映像とパソコン映像の両立に適した 123 万ドットの液晶パネルを用いる。

これらの条件を基に検討し設計を行った。

明るく均一な映像は照明光学系の性能が重要となる。フライアイタイプのインテグレートラを楕(だ)円形フレクタと組み合わせる独自の光学系の開発で実現した。

目標のセット形状は、光源から液晶までの距離が液晶対角のわずか 2.2 倍の照明光学系と、液晶パネルスクリーン間の共役長約 750 mm、スクリーン投影画角が 80 度にも達する広角の高解像度投影レンズを採用することで実現した。

また、2 変倍ズームレンズを採用することで、テレビ映像とパソコン RGB 映像を両立させた。

スクリーン上で 0.35 mm 程度の細かい画素とレンチキュラスクリンと液晶パネルの画素が干渉を起しモアレが発生するのを避けるため、0.1 mm ピッチの高精細レンチキュラスクリンを採用した。

図 2 に光学系構造を示す。

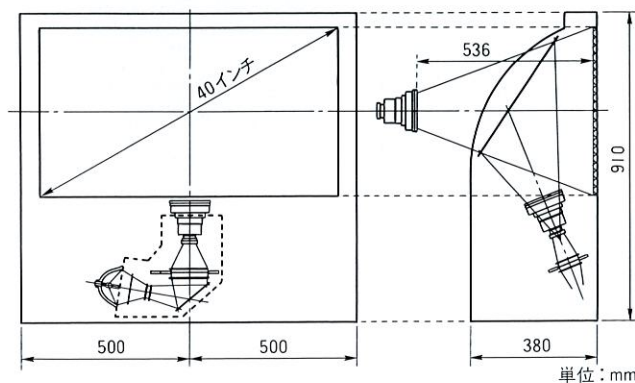


図 2. 光学系構成 投影距離を短くしたことにより外形寸法の小型化を実現した。

Structure of LCD projection set

3 照明光学系

液晶プロジェクションテレビの照明系では液晶パネル上で輝度が均一であり、投影レンズの入射瞳(ひとみ)で照明

光束がけられないことが必要である。

液晶プロジェクションテレビの照明方式は、大別してクリティカル照明系(図 3)とケーラー照明系(図 4)がある。クリティカル照明系は、光源の像を液晶パネルの近傍に結像させる照明方法である。この方法は簡単で低価格にできるが、光源そのもののむらが液晶パネル上での照明むらとなり輝度均一性が悪いため、液晶プロジェクションテレビ用照明系には適当でない。ケーラー照明系は、光源の像を投影レンズの瞳上に結像する方法である。この方法は光源にむらがあっても投写されたスクリーン上ではむらが少ないことが特長である。

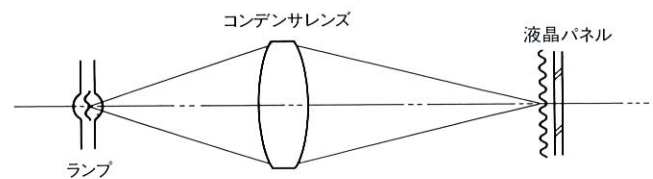


図 3. クリティカル照明系 光源の像を液晶パネルの近傍に結像させる。

Critical illumination

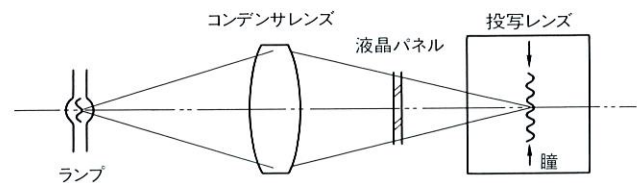


図 4. ケーラー照明系 光源の像を投影レンズの瞳上に結像させる。

Kohler illumination

次にプロジェクションテレビの照明系に必要なことは、光源から出射した光の利用効率を高めることである。上述のように、ケーラー照明を使用してもパネル上の平行光束の断面形状は円形となっている。液晶パネルは矩形であるため、このままでは光量ロスが非常に多く生ずる。光量ロスを少なくするために、円形から矩形に変換する方法としてインテグレート方式がある⁽¹⁾。

インテグレート方式には、フライアイレンズやカライドスコープなどを使用するが、変換効率を向上するだけでなく二次光源の多光源化により画面内の輝度の均一化にも大きな効果がある。

今回の照明光学系は、液晶パネルが 5 型で 16 : 9 の矩形であるため光量ロスを低減し、輝度の均一性を図るためフライアイレンズを使用したインテグレート方式を採用した。また、画面内で均一なコントラストが得られているようテ

レセントリックなケーラー照明系にした。一般的に液晶プロジェクトンテレビ照明系に使用されているインテグレータ方式は、ランプのリフレクタに放物面鏡を使用し図5に示すような構成となっている。

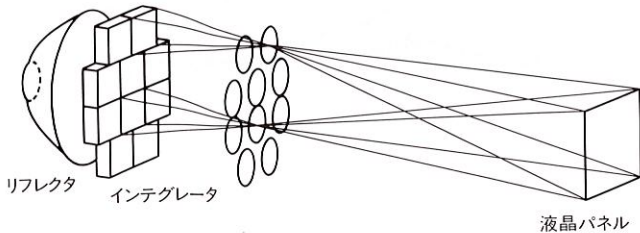


図5. 一般的なインテグレータによる構成 放物面鏡のリフレクタとフライアイレンズを使用した方式。
Conventional integrator structure

このまま5型のパネルに当てはめるとインテグレータは大きくなり、全長が長い照明系になってしまう。低コストでテレビを小型化するためにも部品の小型化と、コンパクトな照明系が要求される。この問題を解決するために、今回の照明光学系はリフレクタに楕円面鏡を使用した。さらに、その集光された光束の間にインテグレータを配置することで、フライアイレンズを小さくし、全長も短くすることができた。その構成を図6に示す。

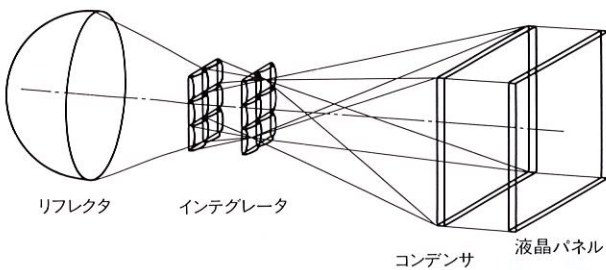


図6. 今回のインテグレータによる構成 楕円面鏡のリフレクタを使用し小型化を図る。
New integrator structure

楕円リフレクタから出射された光は、第1のフライアイレンズで光束を分割し、多数の二次光源が形成される。この二次光源は、第2のフライアイレンズとコンデンサレンズにより液晶パネル面上に重複して投写されるため、輝度の均一性が高められる。また、フライアイ1素子のアスペクト比が液晶パネルと同じ16:9となっているので、投影された光束は矩形光束となり光量ロスの低減がなされている。

このように新しいインテグレータ方式を設計したことに

より、全長が短くコンパクトな光学系でありながら高輝度で輝度均一性の高い照明系を実現することができた。

4 投写レンズ

投写レンズに要求される性能は、液晶パネルを十分に解像することにあわせて次の項目も重要である。周辺光量比および光透過効率が高いこと、低ひずみであり照明系からの光束を取り込む開口を備えていることである。また、コンパクトで低コストであることも製品としての重要な要素である。

今回の投写光学系は5型液晶パネル対応であり、オーバースキャンのテレビ映像とアンダースキャンのパソコンRGB映像に対応した2焦点変倍ズームレンズを採用している。

今回の投写光学系の設計にあたっては、セットのコンパクト化を目的に投写距離を短く抑えてある。そのため最大画角で80度という広画角な光学系となっている。また、2変倍のズーム方式は広画角な光学系にもっとも適しシンプルな機構にできる2群ズーム方式を採用した。一般的に広画角光学系は明るくしにくく、ひずみが大きく周辺光量も低下しがちである。このため2群ズーム方式は、レトロフォーカスタイプの光学系を採用し先頭に強い屈折力の凹レンズを配置した。凹レンズは、周辺部で肉厚が大きくなって中心部より屈折力が強くなり入射瞳孔が大きくなるために光量を多くかせぐことができることを利用し、周辺光量比の問題を解決している⁽²⁾。

次に、明るくひずみを小さくしようとするには、各レンズの屈折力を弱くしていく必要があるが、球面レンズ系だけではどうしても多くの枚数を必要とし光学系の全長も長くなりレンズの外形も大きくなってしまふ。

今回の投写光学系はコストを考慮し、コンパクトな光学系にしながら上述の広画角光学系の欠点を解決するため、プラスチックモールド非球面レンズを使用している。非球面はその使う所によって特定の収差を良好に補正することができるので、適切に利用すれば少ない枚数で性能の良い光学系を得ることができる。

プラスチックレンズの欠点としては、その材料の特性から環境の温度変化によってプラスチックの屈折率が大きく変化し、レンズの焦点距離が変化することである。

それではある温度で設計した諸性能が崩れてしまい解像力が低下してしまう。そこで、今回の光学系では、プラスチックレンズとガラスレンズを適切に組み合わせることで温度の影響を打ち消し合うよう設計した。

その光学配置を図7に示す。ここで、斜線部分是非球面レンズを示す。

液晶パネルの直後にあるのはフレネルレンズである。照明系同様レセントリックにするには液晶パネルの後にフ

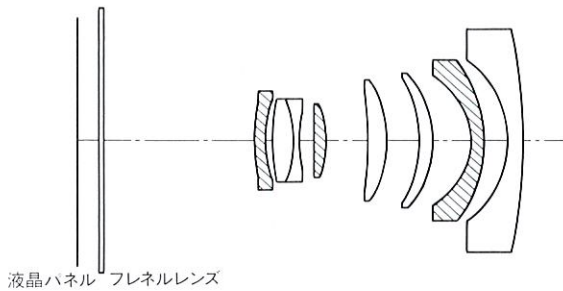


図7. 投写レンズ光学配置 斜線部は非球面レンズを示す。8群9枚の構成である。

Optical structure of projection lens

ールドレンズが必要となり、プラスチックのフレネルレンズを使用している。

このようにプラスチックモールド非球面レンズとフレネルレンズを積極的に使用することで広画角、2変倍光学系でも少ないレンズ枚数でコンパクトな投写光学系を設計することができた。表1に投写光学系の諸性能を示す。

表1. 投写レンズ仕様

Specifications of projection lens

項目	仕様
焦点距離	69/73 mm
開口比	F 3.9
ひずみ	0.3 %
周辺光量比	60 %
構成枚数	8群9枚

5 スクリーン

スクリーンでの開発のポイントは、モアレ対策と外光コントラストの確保である。

パソコン表示の必要性からストライプ配列の液晶を用いたため、垂直方向に溝が形成されたレンチキュラレンズスクリーンとの間にモアレが発生しやすい。そのうえ2変倍投影により、スクリーン表示された液晶の画素ピッチは変化する。

これらの現象を回避するため、0.1 mmの超ファインピッチのレンチキュラレンズの採用を行い、フレネルレンズのピッチおよび非有効面の角度(抜きこう配)には多くの検討を行った。

図8にレンチキュラのピッチとモアレの関係を示す。

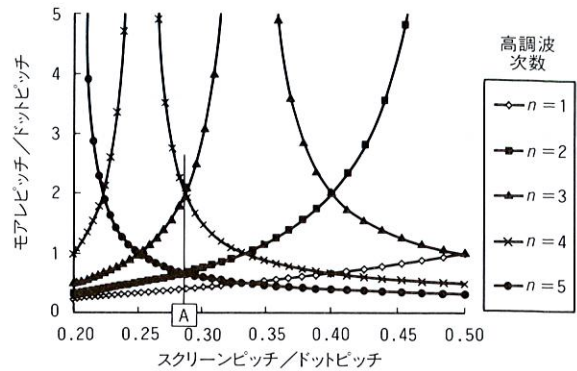


図8. レンチキュラスクリーンでのモアレ レンチキュラスクリーンでのモアレは、液晶のドットとレンチキュラのピッチを最適化して防ぐ。Aは設定例を示す。

Moire of lenticular screen

6 あとがき

マルチメディア時代のさまざまな信号ソースに対応した、家庭用40型液晶プロジェクションテレビ用光学系システムを開発した。ひずみが小さく、周辺までシャープな映像はブラウン管式にない鮮明な映像である。

単板式以外にも高輝度、高画質を実現する光学方式がいくつか提案されており、今後のさらなる性能改善とコストダウンのために検討を行い、より完成度の高い大画面ディスプレイの実現を目指したい。

文献

- (1) 田代義春, 他: 液晶プロジェクターの照明光学系, 光技術コンタクト, 33, 2, p.86 (1995)
- (2) 中川治平: レンズ設計工学, p.145 東海大学出版会 (1986)



坂本 務 Tsutomu Sakamoto

マルチメディア技術研究所開発第一部主務。フラットディスプレイ応用機器の開発に従事。映像情報メディア学会会員。Multimedia Engineering Lab.



三原 久幸 Hisayuki Mihara

東芝エー・ビー・イー(株)第一事業部シニアエンジニア。フラットディスプレイ応用機器の開発に従事。Toshiba AVE Co. Ltd.



鈴木 茂夫 Shigeo Suzuki

(株)トプコン 技術本部光学技術部主任。映像・情報機器の光学系設計に従事。TOPCON Corp.