

# 回折素子付きプラスチックレンズ

朴 一 武

従来の結像光学系においては、分散特性の異なる数枚のレンズを組み合わせることで色収差を低減しているために、枚数削減、小型化、低コスト化に限界があった。ここでは、回折素子と非球面レンズとの一体化設計、および回折素子の起伏形状の最適化設計により、可視域の広い範囲における色消し機能を実現した、監視や画像取り込み用カメラに好適な回折素子付きプラスチックレンズについて報告する。

## 1. 色消しの原理

一般に、屈折素子の焦点距離は波長とともに長くなる。一方、回折素子の焦点距離は逆に短くなる。つまり、屈折素子と回折素子とでは光の波長に対する光線の曲がり具合が逆になる性質がある。これらを組み合わせることで色収差を補正することができる。

## 2. レンズ設計

### 2.1 非球面レンズと回折素子の一体化設計

回折素子は、既存の光学設計ソフトによる設計・シミュレーションが可能な、高屈折率法<sup>1)</sup>を用いて設計した。また、回折素子付きレンズの設計を行う際には、従来の非球面レンズの設計パラメータに加え、以下に説明する3つの設計パラメータも考慮する必要がある。

#### 2.1.1 回折素子の中心波長

回折効率を100%にできるのはある特定波長、特定画角のみである<sup>2)</sup>。そのため、結像光学系への応用の際には CCD および赤外カットフィルターの分光特性等を考慮して、最適な中心波長を選択する必要がある。

#### 2.1.2 回折素子の焦点距離

輪帯数（同心状の格子パターンの数）は回折素子の焦点距離が短くなるにつれて増加する。しかしながら、輪帯数が多くなると回折効率が劣化し、1次回折光以外の他次数光に起因するコントラストの低下を招く結果となる。今回の設計では色消しの度合いを表す量

$$|v_r f_r / v_a f_a|$$

が0.6となるように回折素子の焦点距離を決定した。これにより色収差が補正され、かつ他次数光が像面に及ぼす影

響を小さくできる。ここで、 $v_a, f_a$  はそれぞれ回折素子のアッペ数と焦点距離、 $v_r, f_r$  はそれぞれ屈折素子のアッペ数と焦点距離である。

#### 2.1.3 回折素子の形状

今回の設計では、図1に示したようにレンズ周辺部における回折作用による光路長の付加を抑えるよう回折素子面のベース非球面形状を決定している。これにより、輪帯数の増加を防ぎかつ輪帯ピッチも広くすることができる。また、同時に単色収差補正にも回折素子面のベース非球面形状を最適化している。

## 2.2 回折素子の起伏形状の設計

高屈折率法によって表現された回折素子は実際には存在

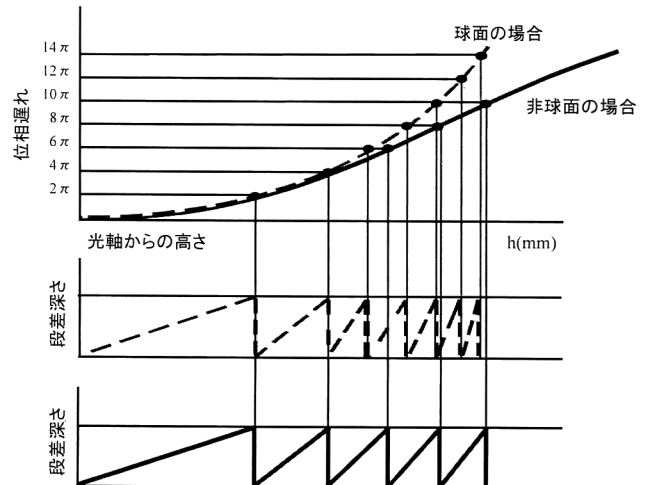


図1 回折素子面におけるベース非球面形状の活用。

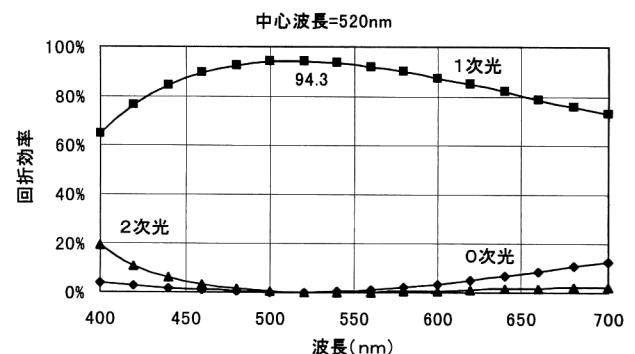


図2 波長に対する各次数光の回折効率特性。

松下電器産業(株)AVC商品開発研究所(〒571-8501 門真市大字門真 1006)  
E-mail: boku@vrl.mei.co.jp

表1 レンズ仕様.

焦点距離 (mm)	5.0
F ナンバー	2.8
画角 (度)	52.0
レンズ直径 (mm)	4.8
回折素子面の輪帯数	17
平均段差 (mm)	847

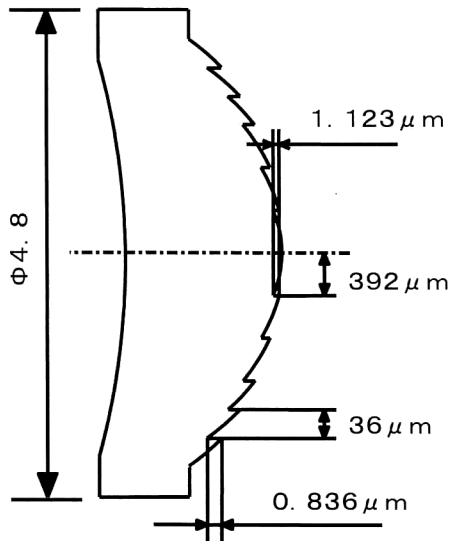


図3 レンズ概略図.

しない形状をしており、プラスチック材料の屈折率に応じたレンズ形状に変換する必要がある。1次回折光を用いた回折レンズにおいては、隣り合う輪帯どうしでその位相差が $2\pi$ の整数倍だけずれるような位置を輪帯半径とすればよい。そのために、光軸から順次光線追跡を実施し高屈折率のレンズを透過したときの位相遅れを計算した。また、光線のプラスチック材料中における光路長を配慮して段差深さを求めた<sup>3)</sup>。

上記項目を考慮して設計した回折素子付きプラスチックレンズの波長に対する回折効率特性のシミュレーション結果を図2に示す。ここで、中心波長にて回折効率が100%とならないのは、金型加工時の形状ずれを含んでいるためである<sup>4)</sup>。

### 3. 結 果

表1に今回設計した回折素子付きプラスチックレンズの仕様を、また、図3に試作したレンズの概略図を、図4には軸上、0.5相対画角における回折素子付きプラスチックレンズのMTF (modulation transfer function) 実測結果と、比較のために従来の回折素子なし1枚非球面レンズの実測結果を示す。

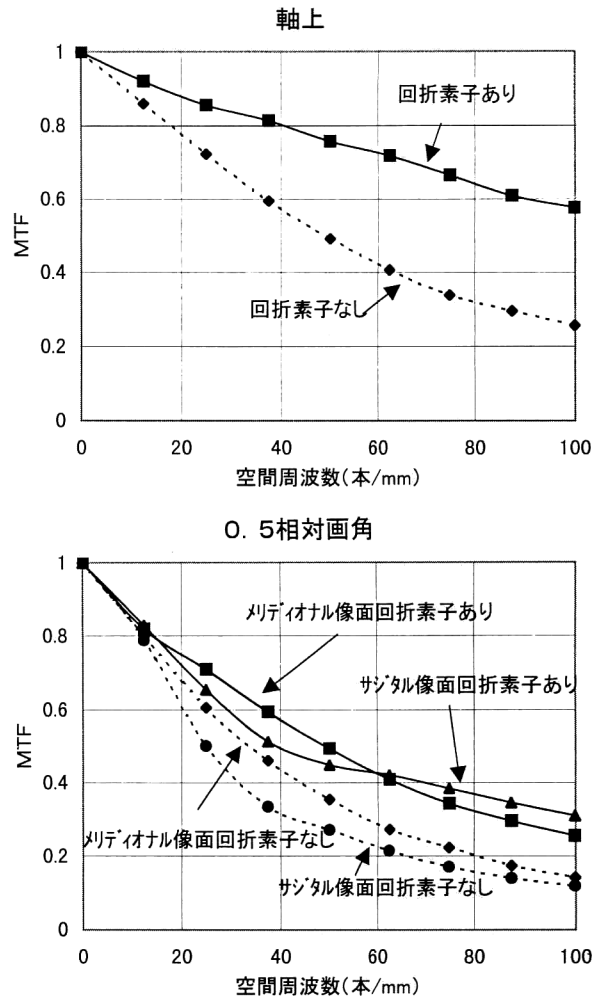


図4 MTF 測定機による実測結果.

回折素子の中心波長，焦点距離および形状を最適化することにより，回折効率の劣化を小さく抑えることができた。それにより，結像光学系への回折素子による色収差補正が可能であることを確認した。

### 文 献

- 1) W. C. Sweatt: "Describing holographic optical elements as lenses," J. Opt. Soc. Am., **67** (1977) 803-808.
- 2) D. A. Buralli, G. M. Morris and J. R. Rogers: "Optical performance of holographic kinoforms," Appl. Opt., **28** (1989) 976-983.
- 3) 山形道弘ほか: "回折レンズ一体型ガラス成形色消し対物レンズ", 第56回応用物理学学会学術講演会予稿集, 29a-ZA-11 (1995) p. 957.
- 4) M. Yamagata, Y. Tanaka and T. Sasano: "Efficiency simulation for diamond turned diffractive lenses," Technical digest of MOC/GRIN '97 (1997) pp. 166-169.

(1998年4月28日受理)