

# レンズ材料の屈折率分散が像の鮮明さに与える影響

機械科 豊田敏裕

## Influence of the refractive index dispersion of lens materials on image sharpness

Toshihiro TOYOTA

Keywords : refractive index, dispersion, LED, image definition, light simulation

キーワード：屈折率、分散、LED、画質、照明シミュレーション

### 1 はじめに

LEDを用いた発光デバイスは、光に熱線を含まないことから、光学部品の樹脂化が進んでいる。

屈折率はレンズの焦点距離を決める要因の1つであり、屈折率分散と呼ばれる波長依存性がある(図1)。屈折率分散により焦点距離が波長で異なることに起因する色収差は、投影像の画質が低下する原因の1つである。また、樹脂はガラスに比べて屈折率分散が大きく、製品に求められる性能に必要なレンズ材料を選択することが重要であると考えられる。

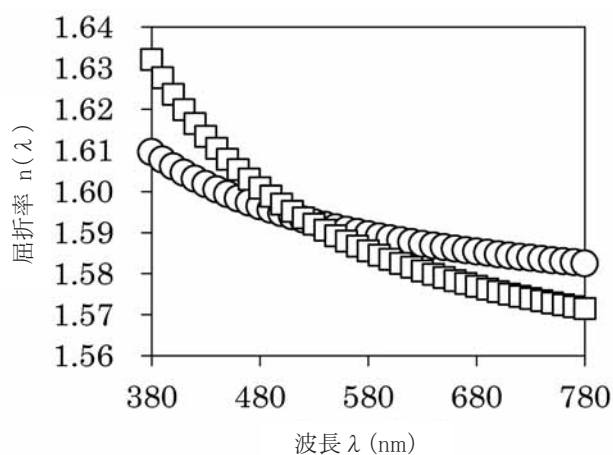


図1 屈折率分散

○：ガラス、□：樹脂

屈折率は波長と反比例の関係にある。また、樹脂はガラスに比べて屈折率分散が大きい。

本研究では、光学シミュレーションによる性能予測が、レンズ材料選択の手がかりとなるか検討した。

### 2 方法

本研究では、自発光面を1枚のレンズにより拡大投影する結像光学系(図2)を対象とし、投影像に対するレンズ材料(屈折率分散)と投影距離の影響を検

討した。

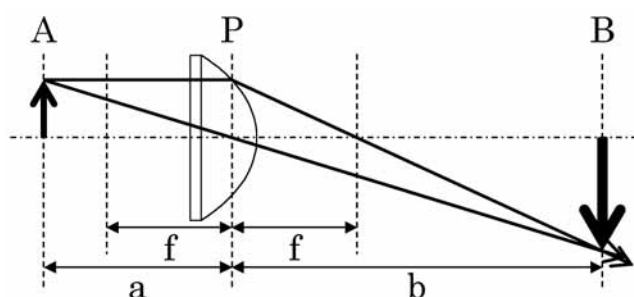


図2 光学配置

レンズの主点Pから発光面Aまでの距離aはレンズの焦点距離fと、レンズの主点Pから投影位置Bまでの距離bからレンズの公式に従い決定した。

レンズ材料は、ガラス及びポリカーボネート(PC)とし、レンズ形状は平凸非球面の同一形状とした。波長587.6nmでのレンズの焦点距離は、ガラス製は18.75mm、PC製は18.89mmであった。投影距離は3種類(500mm、5,000mm、25,000mm)とし、レンズの公式に従い光学配置を決定した。屈折率分散は、可視波長380nm~780nmの範囲で10nm間隔のデータを用いた。発光面は、上下で明暗が明瞭に分かれており、その分光特性は、各波長で強度が等しい白色とした。光学シミュレーションはLumicept ver.9.91 x64(株式会社インテグラ製)により、波長ベースでの光線追跡を実施した。

### 3 結果

図3は、投影距離500mmにおける投影像の中心付近での明暗変化に対する色度分布を示したものである。さまざまな波長成分を含む発光面の光から、特定の波長成分だけが空間内に広がる色収差の様子を確認できた。また、その色度分布はレンズ材料(屈折率分散)に依存することがわかった。

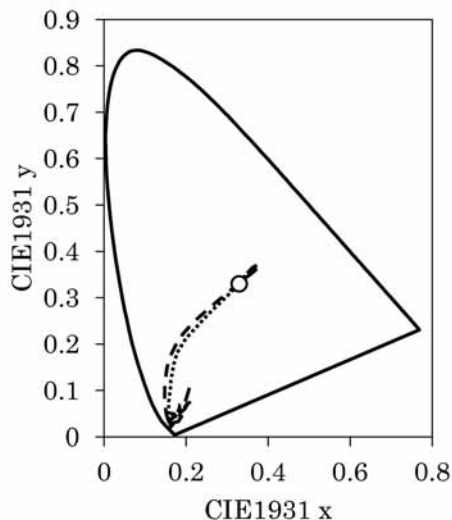


図3 色収差の色度分布  
○：発光面、…：ガラス、- -：樹脂、  
—：単色光の色度変化

色度図上では、色度が実線に近づくほど鮮やかな色であることを意味する。様々な波長成分を含む発光面から、特定の波長成分の光が空間内に分布し、色収差が生じた。また、屈折率分散に依存して、色収差の色度分布も変化した。

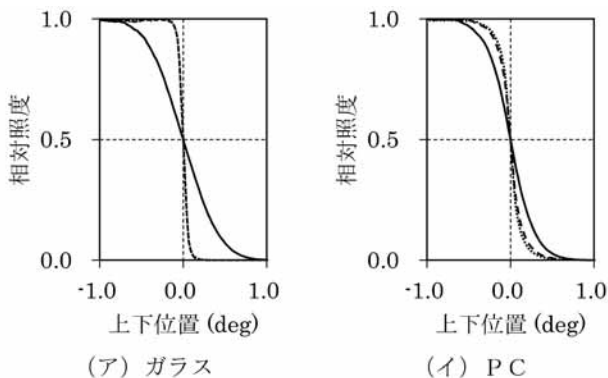


図4 投影像の中心付近での明暗部境界の照度変化

- - : 500mm、… : 5,000mm、- - - : 25,000mm

レンズおよび投影距離ごとに最大照度で正規化した相対照度。レンズ材料によらず、近距離(500mm)の投影では明暗部境界の照度変化が緩やかとなった。また、投影距離が長くなるに従って照度変化が急峻となり、投影距離が5,000mmと25,000mmでは照度の相対的な変化が等しくなった。レンズ材料での違いを比較すると、ガラスのほうがより急峻な明るさ変化を呈していることがわかる。

図4は、図3と同位置での照度変化をレンズ材料ごとに示したものである。投影距離が近い場合、明るさ変化が緩やかで強いボケがみられるが、投影距離が長くなるにつれ、そのボケは弱くなり、ボケの程度が変化しなくなった。また、ガラスはPCに比べて、急峻な明るさ変化を呈しており、より鮮明な像の投影が可能であることが分かった。

#### 4 考察

屈折率分散による色収差は、投影距離に比例して空間的な広がりが大きくなる一方で、色収差の影響が顕著にみられる明暗部境界での明るさ変化は、投影距離が長くなるにつれ、一定の傾きに収束する傾向がみられた。これらの結果は、求められる性能と照らし合わせることで、レンズ材料選択の指標となる。

#### 5 まとめ

本研究は、光学シミュレーションによる光学性能予測が、適切なレンズ材料選択の手がかりを与えることを示した。

なお、レンズ材料の選択ではカバーできない色収差の解消には、色消しレンズや、光の回折現象を利用した光学系が有効である。