

# 遺伝的アルゴリズムを用いた偏光フレネルレンズの色収差補正の検討

## Examination of aberration correction of polarized Fresnel lens using genetic algorithm

○(M2)丸山 遼<sup>1</sup>, 坂本 盛嗣<sup>1,3</sup>, 野田 浩平<sup>1,3</sup>, 佐々木 友之<sup>1,3</sup>, 川月 喜弘<sup>2,3</sup>, 小野 浩司<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>長岡技科大, <sup>2</sup>兵庫県立大学, <sup>3</sup>CREST, JST

○Ryo Maruyama<sup>1</sup>, Moritsugu Sakamoto<sup>1,3</sup>, Kohei Noda<sup>1,3</sup>, Tomoyuki Sasaki<sup>1,3</sup>, Nobuhiro

Kawatsuki<sup>2,3</sup>, and Hiroshi Ono<sup>1,3</sup>, <sup>1</sup>Nagaoka Univ. of Tech, <sup>2</sup>Univ. of Hyogo, <sup>3</sup>CREST, JST

E-mail: onoh@vos.nagaokaut.ac.jp

液晶の配向方向を素子面内で空間的に分布させた光学素子である偏光フレネルレンズは、位相不連続面が存在しないことから不要な回折光が生じず、100%の回折効率を実現できることから、AR ディスプレイやヘッドアップディスプレイなどのイメージングシステムのような様々な光学系への応用が期待されている<sup>[1,2]</sup>。一般にレンズを利用する場合、光学系由来の様々な収差が結像特性に悪影響を及ぼすため、偏光フレネルレンズにおいても光学系に合わせた適切なレンズ設計が必須となる。しかし、収差を逆算して偏光フレネルレンズの液晶配向分布を設計するのは困難である。そこで、我々は先の研究で遺伝的アルゴリズムを用いて波面収差を補正可能な偏光フレネルレンズパターンを設計することに成功している<sup>[3]</sup>。一方で、実際のイメージング用途ではバンド幅を持った光源を利用する機会が多いため、色収差補正も一つの重要な課題である。そこで、我々は遺伝的アルゴリズムを用いて新たに偏光フレネルレンズの色収差補正を試みた。

本研究では、Fig.1 に示すような結像光学系を用いた収差補正について検討している。光源に波長 532 nm の LED(波長幅±20 nm)を使用したときの色収差について補正を行う。その際にバンドパスフィルタを用いて波長幅を 532 ±2 nm にした結像も比較対象とする。

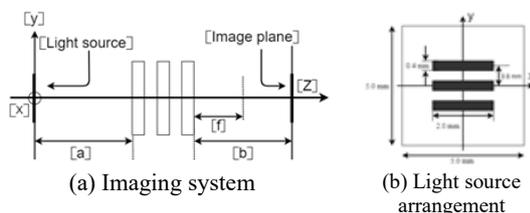


Fig.1 Optical system

1 枚のレンズで生じる色収差による像ボケを補正するため、3 枚のレンズの焦点距離( $f_1, f_2, f_3$ )と設置間距離( $z_{12}, z_{23}$ )を最適化パラメータとして組み合わせを変えることで、それぞれのレンズの波長による回折角の違いで結像位置における倍率色収差を補正するように

設計する。最適化計算は、遺伝的アルゴリズムを使用して(1)式に示す評価式で評価した。 $U_{in}$ と $I_{out}$ は入射光と出射光の強度分布を示している。

$$\text{score} = \frac{\int_{-1.0\text{mm}}^{-0.6\text{mm}} I_{out} \cdot \int_{-0.2\text{mm}}^{0.2\text{mm}} I_{out} \cdot \int_{0.6\text{mm}}^{1.0\text{mm}} I_{out}}{\left(\frac{U_{in}}{3}\right)^3} \quad (1)$$

最適化計算を行った結果は以下のようなになった。Table 1 に示す各評価値は、左から、光源にバンドパスフィルタを通さないときの一枚のレンズによる評価値、光源にバンドパスフィルタを通すときの一枚のレンズによる評価値、最適化計算後の評価値である。

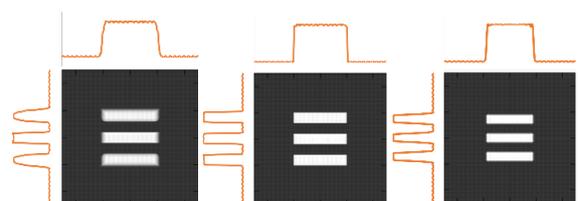
$$f_1 = 170 \text{ mm}, f_2 = 423 \text{ mm}, f_3 = 157 \text{ mm}$$

$$z_{12} = 157 \text{ mm}, z_{23} = 87 \text{ mm}$$

Table 1 Comparison of optimized scores

score	Nofilter 1 lens	Filter 1 lens	GA score
	0.829	0.956	0.933

Fig.2 に補正していない偏光フレネルレンズ1枚と、最適化した偏光フレネルレンズ3枚を用いてそれぞれ伝搬計算を行った際の結像面の強度分布を示す。各グラフは(a)光源にバンドパスフィルタを通さない一枚のレンズのとき、(b)光源にバンドパスフィルタを通した一枚のレンズのとき、(c)最適化計算後の強度分布である。Fig.2 から、偏光フレネルレンズ3枚の焦点距離と設置間距離を最適化することで波長幅 532 nm±20 nm における色収差が補正されることが確認できた。



(a) Image plane without filter (b) Image plane with filter (c) Image plane with correction

Fig.2 Numerically calculated imaging patterns

[1] K. Noda et al., Appl. Opt. 56, 1302-1309 (2017)

[2] K. Noda et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 102502 (2018).

[3] R. Momosaki et al., J. Opt. Soc. Am. B 37, 3222 (2020)