斜め入射に起因する収差を補正した偏光フレネルレンズ

Aberration corrected-polarization Fresnel lens optimized for oblique incidence 長岡技術科学大学¹,林テレンプ㈱²,兵庫県立大学³,^O(M2)芦川 一成¹, 百﨑 龍成¹ 坂本 盛嗣¹,野田 浩平¹,佐々木 友之¹,田中 克周²,酒井 丈也²,服部 幸年², 川月 喜弘³,小野 浩司¹

Nagaoka Univ. of Tech.¹, Hayashi Telempu Corp., Ltd² , Univ. of Hyogo ³,

^OKazunari Ashikawa¹, Ryusei Momosaki¹, Moritsugu Sakamoto¹, Kohei Noda¹, Tomoyuki Sasaki¹, Yoshichika Tanaka², Takeya Sakai², Yukitoshi Hattori², Nobuhiro Kawatsuki³, and Hiroshi Ono¹ E-mail: s151002@stn.nagaokaut.ac.jp

偏光フレネルレンズとは、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 あり、入射する円偏光の回転方向によって、 凸レンズもしくは凹レンズの位相を付与する ことで、レンズとしての機能を示す[1,2]。従 来の等方性のフレネルレンズに比べて、100% 近い効率を確保するのが容易であり、位相不 連続によるノイズが無いなどの特徴から、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高機能化に向け た応用が期待されている。実際に偏光フレネ ルレンズをイメージングシステムに用いる場 合、光学システムの制約から、光軸に対して 斜めに設置する必要が生じ得る。偏光フレネ ルレンズを斜めに設置した場合、収差による 映像歪の発生を補正する必要がある。だがし かし、偏光フレネルレンズの物理的配置によ る収差は解析的に解くことが容易ではない。 そこで、本研究では、偏光フレネルレンズの 収差補正の一例として、遺伝的アルゴリズム による最適化設計を試みた。

本研究では Fig.1 に示すような結像系にお ける収差補正について検討しており、レンズ が光源面に対して x 軸を中心として 30° 傾い た条件で、光源面と結像面の強度分布が等し くなるように、偏光フレネルレンズで入射光 に付与する位相分布を最適化した。最適化計 算には、遺伝的アルゴリズムを使用し、1 次 元の付与位相分布を(1)式のように定義した。

$$\phi_{GA}(y) = \begin{cases} k \left(f - \sqrt{\alpha_{-}^2 - (y - \beta)^2} - (f - \alpha_{-}) \right) & (y < \beta) \\ k \left(f - \sqrt{\alpha_{+}^2 - (y - \beta)^2} - (f - \alpha_{+}) \right) & (y \ge \beta) \end{cases}$$
(1)

 $k(=2\pi/\lambda,\lambda=532nm)$ は波数、f(=15cm)は焦点 距離、 α_{+},α_{-} はレンズの曲率を表しており、 β はレンズの中心の位置を表している。ここで $\alpha_{+}, \alpha_{-},\beta$ の3つを最適化することで、条件下 での最適な偏光フレネルレンズの付与位相分 布を求めた。最適化計算を行った結果、各パ ラメータは以下の数値となった。

$\alpha_{+} = 19.96$	cm
$\alpha_{-} = 20.04$	cm
$\beta = 0.00$ cm	

また、最適化により求めたパラメータを(1)式 に代入し、(2)式、(3)式より偏光フレネルレン ズで付与する位相の2次元分布を算出した。 このときの、(3)式は1次元位相分布で最適化 した際に生じる位相分布の差を表しており、 (2)式は偏光フレネルレンズの位相分布から、 1次元の位相分布の差を加えることで、最適 化した際の2次元分布を表している。

 $\phi_{2D}(x,y) = k \left\{ f - \sqrt{f^2 - (x^2 + y^2)} \right\} - \phi_{\Delta}(y) \tag{2}$

$$\phi_{\Delta}(y) = k \{ f - \sqrt{f^2 - y^2} \} - \phi_{GA}(y) \tag{3}$$

Fig.2 に(2)式及び(3)式の位相分布と最適化し ていない偏光フレネルレンズの付与する位相 分布を併せて示す。次に、最適化していない 偏光フレネルレンズと(2)式で求めた偏光フレ ネルレンズでそれぞれ伝搬計算を行った際の 結像面の強度分布を Fig.3 に示す。Fig.3 か ら、偏光フレネルレンズが付与する位相分布 を最適化することで斜め入射による結像の歪 みが補正できることが確認できた。



[1] K. Noda et al., Appl. Opt. 56, 1302-1309 (2017)
[2] K. Noda et al., Jpn. J. Appl. Phys. 57, 102502 (2018).