

## 偏光回折格子を用いた空中映像光学系における収差を補正する偏光フレネルレンズ

Aberration-corrected-polarization Fresnel lens optimized for aerial image optical system using a polarization grating

長岡技術科学大学<sup>1</sup>, 林テレンプ(株)<sup>2</sup>, 兵庫県立大学<sup>3</sup>, ◯(M2) 芦川 一成<sup>1</sup>, 坂本 盛嗣<sup>1</sup>, 野田 浩平<sup>1</sup>, 佐々木 友之<sup>1</sup>, 田中 克周<sup>2</sup>, 酒井 文也<sup>2</sup>, 服部 幸年<sup>2</sup>, 川月 喜弘<sup>3</sup>, 小野 浩司<sup>1</sup>

Nagaoka Univ. of Tech.<sup>1</sup>, Hayashi Telemu Corp., Ltd<sup>2</sup>, Univ. of Hyogo<sup>3</sup>,

◯Kazunari Ashikawa<sup>1</sup>, Moritsugu Sakamoto<sup>1</sup>, Kohei Noda<sup>1</sup>, Tomoyuki Sasaki<sup>1</sup>, Yoshichika Tanaka<sup>2</sup>, Takeya Sakai<sup>2</sup>, Yukitoshi Hattori<sup>2</sup>, Nobuhiro Kawatsuki<sup>3</sup>, and Hiroshi Ono<sup>1</sup>

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

我々は、Fig.1 のような偏光回折格子を利用した空中映像の表示光学系について研究を行っている<sup>[1]</sup>。この光学系は再帰反射と偏光回折格子(OCPG)を用いており、全反射とブリストア角によって反射・出射を行うため、従来の再帰反射を用いた空中映像システムと比較して、光源に対する空中像の光利用効率が非常に高い。また、偏光フレネルレンズ(PFL)とλ/4板(QWP)を利用することによって、光利用効率を減少させることなく、空中に光源より大きな像を結像することができる。しかし、この方式では、光利用率を上げるために全反射やブリストア角を用いるため、光学系が非対称になっており空中像に歪みが発生する。

そこで、空中像の拡大と像の歪みの補正を同時に行う偏光フレネルレンズについて、遺伝的アルゴリズムによって最適化設計を試みた。本研究では、空中像の収差のみを等倍結像で補正する場合と、空中像を1.5倍に拡大しつつ収差を補正する場合のそれぞれについて、偏光フレネルレンズの設計を行った。

最適化設計では Zernike 多項式の第3次までの収差の位相を位相分布に加え、Zernike 係数を最適化することで、位相分布を算出した。また、評価式については以下のように設定した。

$$\text{score} = \prod_{k=0}^K \left( \left( \frac{1}{1 + \Delta_r} \right) + \left( \frac{1}{2 + \sigma_r} \right) \right)$$

ここで、 $\Delta_r$  は理想的な主光線の位置との差を示し、 $\sigma_r$  は主光線を基準とした周光線の標準偏差を示している。そして、 $K$  は光源の点光源数である。

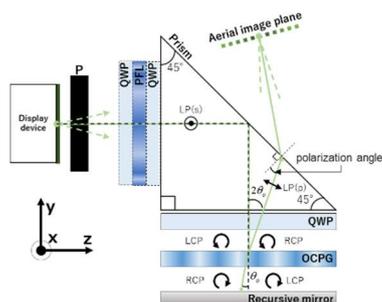


Fig.1 Schematic of an aerial imaging system

したがって、空中像が理想的な位置で結像し、その中で各点光源が等位相球面波面に近づくような位相分布を探索する。以下に、最適化計算によって求めた位相分布を示す。Fig.2(a)は収差のみを補正した時の位相分布であり、(b)は空中像を1.5倍に拡大したときの収差を補正した時の位相分布である。

次に、補正した場合と補正しない場合の空中像の光線図を示す。なお、紫色のプロットが空中像の光線であり、赤色の十字が理想的な結像位置である。また、1.5倍に拡大した場合には、通常の偏光フレネルレンズの位相を与えた時の光線図である。Fig.3及びFig.4より十字の位置に光線が収束しており、かつ対称性が改善しているため収差が補正されている。なおかつ、Fig.4では光線収束位置が空間的に広がり、像の拡大が確認できる。

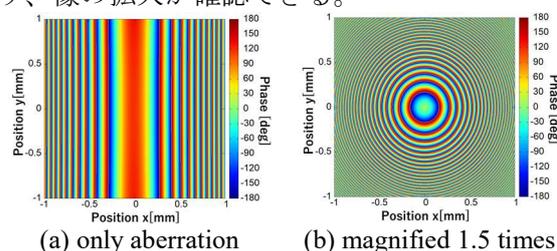
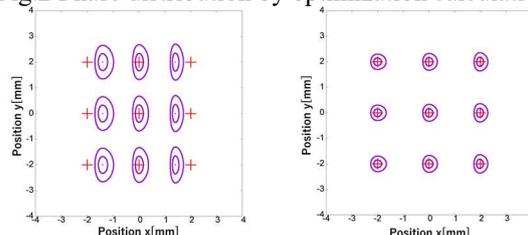
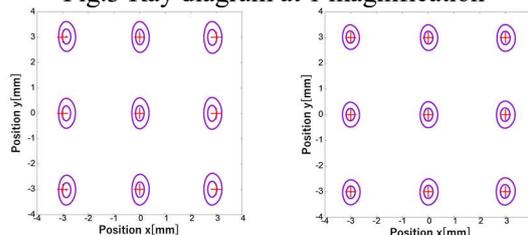


Fig.2 Phase distribution by optimization calculation



(a) Non correction (b) Correction

Fig.3 Ray diagram at 1 magnification



(a) Non correction (b) Correction

Fig.4 Ray diagram at 1.5 magnification

[1]M. Sakamoto, Appl. Opt. 59, 4228-4233 (2020).