

二重焦点マイクロレンズアレイを用いた広ダイナミックレンジ
Shack-Hartmann 波面センサー
Large Dynamic Range Shack-Hartmann Wavefront Sensor
with Double Focal Microlens Array

和歌山大院システム工¹, 和歌山大システム工² ○ 神藤 宏伸¹, 最田 裕介², 野村 孝徳²
Wakayama Univ.^{1,2} ○ Hironobu Shinto¹, Yusuke Saita² and Takanori Nomura²

E-mail: s152020@sys.wakayama-u.ac.jp

Shack-Hartmann 波面センサー (SHWFS) は計測対象光波をマイクロレンズアレイで集光し、焦点面で得られた集光スポットの基準位置からの重心変位から位相勾配を算出する波面計測装置である [1]。従来の SHWFS において位相勾配計測の空間分解能向上のためにはマイクロレンズの口径を小さくする、すなわち各マイクロレンズに対応する撮像素子上の正方領域である集光スポット検出域を小さくする必要がある。しかし、SHWFS は集光スポット検出域に集光スポットが収まる場合のみ波面の計測が可能であるため、マイクロレンズの口径を小さくすると位相勾配計測のダイナミックレンジが狭くなる。そこで、我々は位相勾配計測のダイナミックレンジ拡大を目的とし、二重焦点マイクロレンズアレイを用いた SHWFS を提案する。

提案手法に用いる二重焦点マイクロレンズアレイは位相変調型空間光変調器 (P-SLM) により表現する。P-SLM に表示させる二重焦点マイクロレンズアレイを Fig. 1 に示す。Fig. 1 の拡大図に示すように、焦点距離が f_1 、口径が Q のマイクロレンズ L_1 を 2×2 のアレイ状に配置し、その中央に焦点距離が f_2 のマイクロレンズ L_2 を配置する。この二重焦点マイクロレンズをアレイ状に配置する。提案手法ではまず、二重焦点マイクロレンズアレイを表示した P-SLM から距離 f_1 、 f_2 離れた位置にそれぞれ撮像素子を配置し、集光スポット画像を取得する。ここで一つの二重焦点マイクロレンズにより得られる集光スポット画像である Fig. 2 に着目する。はじめに、

Fig. 2 (a) の集光スポットの重心変位 d を $2Q \times 2Q$ の領域を集光スポット検出域として算出する。次に、Fig. 2 (b) の四つの集光スポットのそれぞれの重心変位を対応する $Q \times Q$ の領域を集光スポット検出域として算出するが、集光スポットが破線で示した集光スポット検出域内に収まっていない。そこで、Fig. 2 (b) に示すように Fig. 2 (a) の集光スポットの重心変位 d を基に集光スポット検出域を実線で示した位置に移動させる。集光スポットの重心変位は焦点距離に比例するため、集光スポット検出域の変位は $(f_1/f_2)d$ である。これにより、集光スポット検出域が小さい場合も集光スポットが収まり、位相勾配計測のダイナミックレンジ拡大が可能である。

提案手法の有用性を検証するためにシミュレーションをおこなった。二重焦点マイクロレンズアレイは $f_1 = 20\text{mm}$ 、 $f_2 = 5\text{mm}$ 、 $Q = 320\mu\text{m}$ に設定したものをを用いた。計測対象光波は球面波とした。マイクロレンズの口径が $320\mu\text{m}$ の従来の SHWFS と提案手法を用いて算出した位相分布をそれぞれ Fig. 3 (a)、Fig. 3 (b) に示す。この結果から、従来の SHWFS では位相勾配の大きい外周部に誤りが生じているが、提案手法では計測可能であることがわかる。このことから、提案手法により SHWFS のダイナミックレンジが拡大することが実証された。

参考文献

- [1] Lars Seifert, Jan Liesener, and Hans J. Tiziani, "Adaptive Shack-Hartmann sensor," Proc. SPIE **5144**, pp. 250-258 (2003).

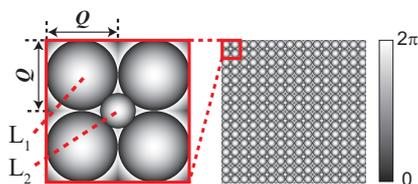


Fig. 1 A phase distribution of double focal microlens array.

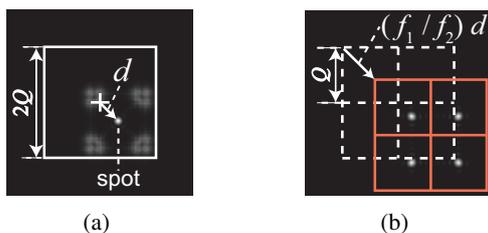


Fig. 2 Spot images obtained at (a) distance of f_2 from P-SLM and (b) distance of f_1 from P-SLM.

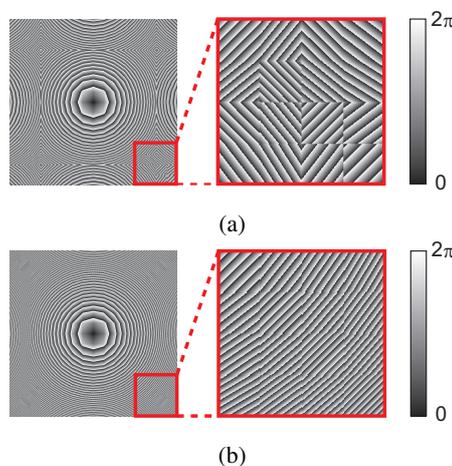


Fig. 3 Phase distributions of spherical wave calculated by (a) conventional SHWFS and (b) proposed SHWFS.