アフターフォーカシング可能な計算ゴーストイメージング Numerical Focusing in Computational Ghost Imaging

和歌山大院システムエ 1 ,和歌山大システムエ 2 \bigcirc 山嵜 勇哉 1 ,野村 孝徳 2

Wakayama Univ. 1,2 \bigcirc Yuya Yamazaki 1 and Takanori Nomura 2

E-mail: s182059@center.wakayama-u.ac.jp

バイオイメージングの分野では用いる照明光の 強度が高い場合,細胞を損傷させる危険性が問題視 されている. そのため. 微弱光下における細胞を傷 つけない低侵襲なイメージングが必要とされてい る. 微弱光下においてイメージング可能な手法とし て計算ゴーストイメージング (CGI: Computational Ghost Imaging)[1] が注目されている. しかし,一般 的な CGI には被写界深度に制限があり,奥行き方 向に分布をもつ物体の測定は困難である [2].また, CGI は物体像の取得に非常に多くの測定回数を必 要とするため、光軸方向に位置が異なる面での測定 をそれぞれおこなうことは現実的ではない. そこで 本研究では、任意の面の再生像を取得するアフター フォーカシング可能な計算ゴーストイメージングを 提案する.この手法は、点検知器による多数回の測 定をおこなった後に伝搬計算によって任意の面にお ける強度分布を算出し,その強度分布を物体像の再 構成に用いる手法である. これにより測定後の焦点 合わせが可能である.

提案手法に用いる光学系を Fig.1 に示す. 一般的 な CGI では空間光変調器 (SLM: Spatial Light Modulator)を用いることによって物体面上にランダム強 度パターンを生成する.本研究ではこの物体面上で のランダム強度パターンを参照強度分布と呼ぶ.物 体を透過した光波はレンズによって集光され,点検 知器で検知される.これを異なるランダム強度パ ターンを用いて多数回おこなう.その後,参照強度 分布 *I*(*x*,*y*) およびシングルピクセル検知器の検知 強度 *b* の相関関数

$$G(x,y) = \langle bI(x,y) \rangle - \langle b \times I(x,y) \rangle \tag{1}$$



Fig. 1: An optical setup of the proposed method.

を算出することにより再生像を取得する.ここで, 〈…〉は全ての要素の集合平均を示し,測定回数が 十分に多いとき,相関関数*G*(*x*, *y*)は物体の分布に 近づく.相関関数を算出する際に用いる参照強度分 布*I*(*x*, *y*)はSLMに表示するランダムパターンを用 いて物体面まで伝搬計算をおこなうことにより取得 する.このことは伝搬計算によって任意の面での参 照強度分布が取得できることをあらわしている.こ の任意の面での参照強度分布を用いた相関演算から 任意の面における再生像を取得する.これにより, 点検知器による多数回の測定をおこなった後に任意 の面に焦点を合わせた再生像を取得することがで きる.

Fig.1 に示すように奥行き方向に位置の異なる二 つの物体を配置し,それぞれの物体が存在する面 での再生像を取得した.SLM 面から物体までの距 離はそれぞれ 250 mm,350 mm とし,測定回数は 20000 回とした.計測物体とそれぞれの面で取得し た再生像を Fig.2 に示す.Fig.2 より,それぞれの面 での物体像が取得できていることがわかる.このこ とから,提案手法を用いることにより任意の面での 像を一度の CGI の測定で取得できることが実証さ れた.

参考文献

- [1] J. H. Shapiro, Phys. Rev. A 78, 061802 (2008).
- [2] Y. Bromberg, et al., Phys. Rev. A 79, 053840 (2009).



Fig. 2: The test objects and reconstructed images with different depth positions.