

## 強度輸送方程式によるシングルショット複素振幅計測法

## Single-Shot Complex Amplitude Measurement Method Using Transport of Intensity Equation

京工織大<sup>1</sup>,神戸大<sup>2</sup>○夏 鵬<sup>1</sup>, 粟辻 安浩<sup>1</sup>, 裏 升吾<sup>1</sup>, 西尾 謙三<sup>1</sup>, 的場 修<sup>2</sup>Kyoto Inst. Tech.<sup>1</sup>, Kobe Univ.<sup>2</sup>○Peng Xia<sup>1</sup>, Yasuhiro Awatsuji<sup>1</sup>, Shogo Ura<sup>1</sup>, Kenzo Nishio<sup>1</sup>, and Osamu Matoba<sup>2</sup>

E-mail: awatsuji@kit.ac.jp

## 1. はじめに

物体光の複素振幅を計測する方法の一つに、伝播方向に沿って複数の強度画像を記録し、強度輸送方程式(transport of intensity equation: TIE)により、物体光の複素振幅を計測する方法がある<sup>1,2</sup>。(以下当該方法を、TIE 法と略す。)しかし、TIE 法では複数回の記録が必要なために、動く物体の複素振幅を取得することが困難である。そこで、本研究では、TIE に必要な複数の強度画像をシングルショットで記録できる方法を提案する。

## 2. 原理

TIE 法の光学系の一例を Fig.1 に示す。物体光の伝播方向に沿った  $Z_1$  面と  $Z_2$  面の強度画像  $I_{Z_1}$  と  $I_{Z_2}$  を記録する。TIE により、 $I_{Z_1}$  と  $I_{Z_2}$  を用いて  $Z_1$  面の位相画像を計算する。そして、光の逆伝播の計算により、 $Z_1$  面の強度と位相を用いて  $Z_0$  面の物体光の強度画像と位相画像を計算する。

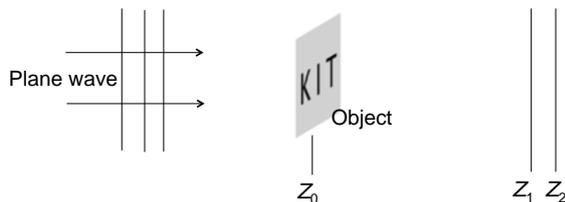


Fig. 1. An optical setup of complex amplitude measurement by TIE.

提案法は、TIE 法を空間分割多重技術を用いてシングルショットで実現することである。提案法は、種々の方法で実現可能であるが、一例として Fig.2 に示す光学的実現方法を考案した。この実現方法で用いるカメラは撮像素子に、微小偏光子アレイ、一軸性光学結晶、偏光子を合わせた構成を持つ。この構成により、伝播距離が  $L(n_1 - n_2)$  異なる位置の  $I_{Z_1}$  と  $I_{Z_2}$  を 1 台の撮像素子を用いてシングルショット記録できる。ここで、 $L$ ,  $n_1$ ,  $n_2$  はそれぞれ一軸性光学結晶の厚さ、低速軸と高速軸の屈折率である。提案法により、TIE 法に必要な情報をシングルショットで記録でき、記録した画像を計算処理することにより、物体光の複素振幅画像が得られる。

## 3. 計算機シミュレーション

提案法の有効性を確認するために、計算機シミュレーションを行った。Fig.3 の(a), (b)を物体の振幅分布と位相分布とし、 $Z_0$  面から  $Z_1$  面ま

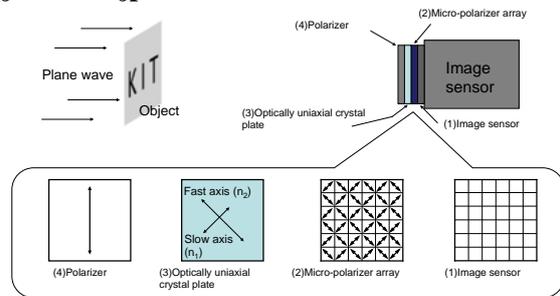


Fig. 2. An example of the implementation of the proposed technique.

で  $Z_1$  面から  $Z_2$  面までの距離をそれぞれ 5mm と 1mm とした。結果を Fig.4 に示す。(a),(b)は従来法、(c),(d)は提案法による再生像である。この結果から、提案法の有効性を確認した。

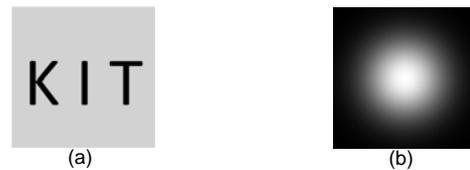


Fig. 3. Object used in the simulation. (a) Amplitude distribution, (b) phase distribution.

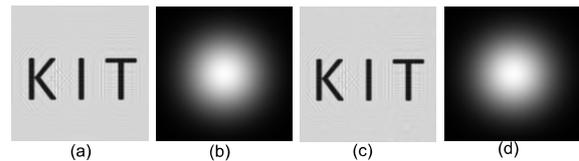


Fig. 4. Reconstructed complex amplitude distribution. (a) and (b) are the amplitude and the phase distributions by the conventional method, respectively. (c) and (d) are the amplitude and the phase distributions by the proposed method, respectively.

## 4. まとめ

TIE によるシングルショット複素振幅計測法を提案し、計算機シミュレーションにより、その有効性を示した。本技術により、簡便な光学系により、高精度、瞬時の複素振幅計測を可能にし、生体や製品の動画計測への応用が期待できる。

本研究の一部は(独)日本学術振興会 科学研究費(特別研究員奨励費)並びに最先端・次世代研究開発支援プログラム課題番号 GR064 によって行われた。

## 参考文献

- 1) M.R. Teague, *J. Opt. Soc. Am.* **73**, (1983) 1434.
- 2) I. L. Allen and M. Oxley, *Opt. Commun.* **199**, (2001) 65.