

# 複素振幅型単一画素カメラ

## Complex-amplitude single-pixel camera

宇都宮大学オプティクス教育研究センター ○早崎 芳夫, 太田 一毅

Utsunomiya Univ., CORE, °Yoshio Hayasaki, Kazuki Ota

E-mail: hayasaki@cc.utsunomiya-u.ac.jp

### 1. はじめに

単一画素カメラ[1]は, 単一の光検出器と符号化素子からなる撮像装置である. 物体からの光は, 符号化マスクにより空間的に変調され, 光検出器により総和加算的に光検出される. 再生像は, 符号化マスクを順次切り替えて光検出し, 検出値と符号化行列の逆行列により算出される. これはイメージセンサーを必要としないため, 光学的・電氣的に簡単な構成で実現される. また, 単一の光検出器を用いることから, 可視光周辺だけでなく, GHz[2]の電氣的周波数域や, X線やTHz[3]の光周波数域での低コスト撮像を可能にする.

単一画素カメラにおいて, 符号化マスクと再生のための複合化計算がその性能を決定する. ここでは, 直交符号の1つである, アダマール変換を考える. これは, 周波数分析可能, 容易な逆行列計算のため, 単一画素カメラの代表的実装法である. 光学的な実装を考えると, アダマール変換にある負値の光強度表現に困難さを与えるが, 2倍の光検出と電氣的差分計算の工夫で実現される.

本研究では, 複素振幅型の単一画素カメラによる複素振幅撮像を実行する. まず, アダマール変換の負値を複素数の虚数方向(位相)で表現し, 空間的な加算を光干渉で表現した. 位相型マスクは液晶空間光変調素子(LCOS-SLM: liquid crystal on silicon spatial light modulator)により実現した. さらに, 通常の光強度型単一画素カメラと同様に単一光路構造とするために, マスクの非表示領域を用いて参照光とした.

### 2. 実験光学系

Fig. 1(a)は, 実験光学系を示す. 符号化像を干させるために光検出器前に集光レンズとピンホール(直径  $25\mu\text{m}$ )を設置した. Fig. 1(b)は, ポリカーボネイトにレーザー彫刻した観測対象である. LCOS-SLM 上に表示される符号化マスクは,  $-\pi/2$ と $\pi/2$ の値を持つ  $16\times 16$  画素のアダマールマスクである.

### 3. 実験結果

光学系の空間特性は, 再生像の背景となる.

ここでは, 観測対象のみを再生するため, 空間特性を事前に計測し, 背景除去を行なった. Fig. 2 は, 計測された振幅分布と位相分布である. 光源に用いた He-Ne レーザーの強度は, 時間的に揺らぐため, 振幅分布のコントラストが低くなったと考えられる.

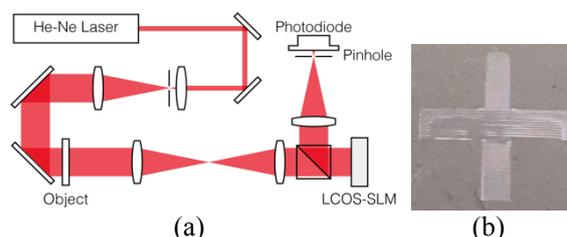


Fig. 1 (a) Experimental setup and (b) target object.

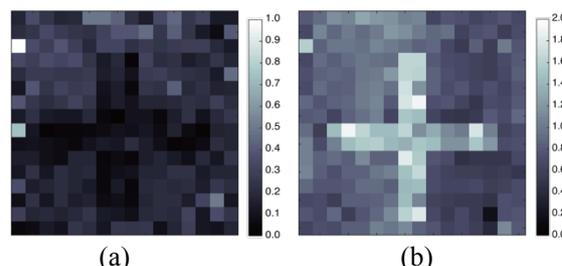


Fig. 2 (a) Amplitude and (b) phase images of the reconstruction.

### 4. まとめ

同一光路構造の複素振幅型単一画素カメラを提案した. 観測対象の複素振幅情報を取得し, 提案手法を実験的に実証した.

### 参考文献

- [1] M. F. Duarte, M. A. Davenport, D. Takhar, J. N. Laska, T. Sun, K. F. Kelly, and R. G. Braniuk, "Single-pixel imaging via compressive sampling," *IEEE Signal Processing Magazine* **25**, 83 (2008).
- [2] Q. D. Pham and Y. Hayasaki, "Optical frequency comb interference profilometry using compressive sensing," *Opt. Express* **21**, 19003 (2013).
- [3] C. M. Watts, D. Shrekenhamer, J. Montoya, G. Lipworth, J. Hunt, T. Sleasman, S. Krishna, D. R. Smith, and W. J. Padilla, "Terahertz compressive imaging with metamaterial spatial light modulators," *Nature Photo.* **8**, 605 (2014).