

単一画素計測を用いた磁界強度の画像化に向けての検討

1220088 鈴木 寛人 (光計測工学研究室)

(指導教員 田上 周路 准教授)

1. はじめに

画像化 (Imaging) は進化を続け、近年のデジタルカメラなどにおける高画素化や小型化は著しい。その一方、産業や医療用途に用いられる磁気センシングでは、磁界強度分布画像を出力するために単一画素計測と呼ばれる手法が注目されている。

本研究では、Scanning, Ghost Imaging (GI) とアダマール行列を用いる2つのImagingの、計4つの単一画素計測の原理や特徴を示し、実験の結果から、磁界強度分布の画像化への有効性を検討する。

2. 単一画素計測

単一画素計測は結像系や撮像素子を必要としない単一光検出器 (Photodetector: PD) を用いて任意の画素数の画像を出力することができる画像化方法である。

本研究では、測定対象 (Object) を透過したレーザー光が空間変調器 (DMD) に投影されたパターンで反射され、レンズを通して PD に集光される実験系を用いて実験を行った。

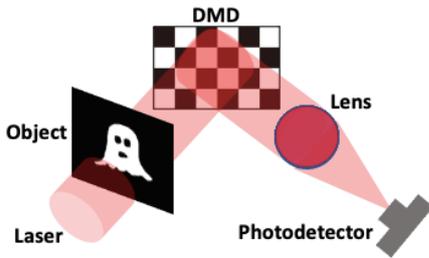


図1. 単一画素計測システムの概要

検討を行った4つの単一画素計測を、DMDに投影したパターンとPDで計測された信号強度を用いて行う画像の再構成処理について説明する。

先行研究では、走査パターン (図2-a) をDMDに投影し、得られた信号強度を2次元に配列し、画像化を行っている。

GIではバイナリランダムパターン (図2-b) をDMDに投影し、次式

$$T(x, y) = \langle S_i \cdot R_i(x, y) \rangle - \langle S_i \rangle \langle R_i(x, y) \rangle, \quad (1)$$

を用いて画像の再構成を行っている¹⁾。ここで、T: 再構成画像、S: 信号強度、R: ランダムパターン、i: 測定回数、 $\langle \dots \rangle$: 測定回数に対する集合平均とする。

本研究ではさらに、次式 (2) で構成されるアダマール行列を並び替えて得られるアダマールパターン (図2-c) をDMDに投影する。

$$H_1 = [1], H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}, \dots, H_{2^m} = \begin{bmatrix} H_{2^{m-1}} & H_{2^{m-1}} \\ H_{2^{m-1}} & -H_{2^{m-1}} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

mは自然数とする。アダマールパターンを用いて行う再構成方法を2つ検討し、次式

$$T(x, y) = S_i \cdot H_i^{-1}(x, y), \quad (3)$$

を用いて再構成を行う Hadamard Imaging (HI)²⁾ と、GIの式 (1) で画像を出力する Hadamard Ghost Imaging (HGI) を使用した。



(a) Scanning (b) GI (c) HI, HGI

図2. 4×4[pix]の測定に用いる手法別 DMD 投影パターン

3. 実験方法

光強度分布の測定には、5×5mmの範囲を切り抜き自作したターゲット (図3 (左)) を用いてその透過光を計測した。磁界強度分布の測定には、光学式磁界センサの実験装置を用いて実験を行った³⁾。70kHzの交流磁界が印加された図3 (右) に示す近傍磁界プローブから発生する磁界強度を計測した。

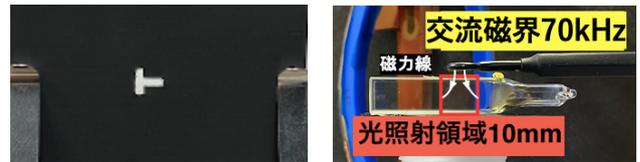


図3. 自作したターゲット (左)、プローブによる発生磁界 (右)

4. 結果

光強度分布と磁界強度分布の出力画像を図4に示した。GIは、光強度と磁界強度ともにランダムノイズが多く画像精度が優れないことが確認出来た。よって64×64[pix]の磁界強度分布の画像化は行っていない。アダマールパターンを用いた2つの手法HI, HGIは、中央の1行にノイズが印加されてしまうが、先行研究では不可能であった64×64[pix]での高画素の画像化が可能になった。

	(a) 光強度分布 32×32[pix]	(b) 磁界強度分布 32×32[pix]	(c) 磁界強度分布 64×64[pix]
scanning			
GI			
HI			
HGI			

図4. 各画像化手法を用いた光強度分布と磁界強度分布の再構成画像

5. まとめ

4つの単一画素計測法の原理や計算式を理解した上で、光強度分布および光学式磁界センサを用いた磁界強度分布画像の再構成を行った。

光強度分布の結果では、GIは他の方法よりもランダムノイズが多く確認できた。Scanningで画像化が不可能であった高画素にはアダマールパターンが効果的であることが分かったが、アダマールパターンを用いる計測におけるノイズ耐性などの課題を見出した。

今後、画像化の精度向上や測定時間の短縮が課題となる単一画素計測の発展を目指す。

参考文献

- 仁田 功一, "シングルピクセルイメージング～単一画素計測による画像取得～", OPRTONICS 4, p.187., 2017,
- Martin Harwit, Neil J.A.Sloane, "Hadamard Transforms in Image Processing, HADAMARD TRANSFORM OPTICS, Harwit, Sloane, pp.191-193, ACADEMIC PRESS, INC., New York, 1979,
- 田中 拓充, "光学式磁界センサを用いた交流磁界分布画像の単一画素計測", 高知工科大学 2019年度学士論文,