

# 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

1200085 田中 拓充 (光計測工学研究室)

(指導教員 田上 周路 准教授)

## 1. 背景・目的

電子機器の開発や利用をする際、電磁波との相互作用を測る、Electro Magnetic Compatibility (EMC)検査が行われる。特に国際宇宙ステーション (ISS) などの宇宙空間ではミッション遂行の妨げとならないよう厳しい検査基準が設けられており、電磁波の空間的な強度分布を測定できる様々な方法が検討されている。本研究では、アルカリ金属としてセシウム (Cs) 蒸気を用いた光学式磁界センサと、デジタルマイクロミラーデバイス (DMD) によって磁界強度の空間的な強度分布画像の単一画素計測を実施し、その有用性について評価することを目的とする。

## 2. 光学式磁界センサの原理

アルカリ金属は、共鳴波長のレーザー光を円偏光にして照射すると基底状態のゼーマン準位間に原子数の大きな差を作ることが出来る (光ポンピング)。この原子数差によって電子スピンは偏極され、印加静磁場  $B_0$  によって歳差運動をはじめめる。その周波数 ( $f$ : ラーモア周波数) は印加磁場  $B_0$  の強度に比例し、次の(1)式で表される。

$$f = \frac{\gamma}{2\pi} \times B_0 \quad (1)$$

$\gamma/2\pi$  は磁気回転比であり、Cs の場合は  $3.5 \text{ Hz/nT}$  である。測定対象となる交流磁界の周波数とラーモア周波数が一致する場合、磁気共鳴によって透過光の強度変調が最大となる。[1]

## 3. 単一画素計測の手法

磁気共鳴によって強度変調された光は DMD を用いて空間分解した。(図1) 分解するパターンには、走査パターンによるイメージングと、バイナリランダムパターンによる計算機ゴーストイメージング (GI) [2]を用いた。それぞれパターンごとにフォトディテクタ (PD) にて測定し、演算処理を行った後に任意画素で出力を行った。GI に用いた計算式を式 (2) に示す。

$$T(x,y) = \langle B_i R_i(x,y) \rangle - \langle B_i \rangle \langle R_i(x,y) \rangle \quad (2)$$

( $T$ : 出力画像,  $B$ : 光検出器強度,  $R$ : バイナリランダムパターン,  $i$ : 測定回数,  $\langle \rangle$ : アンサンブル平均)

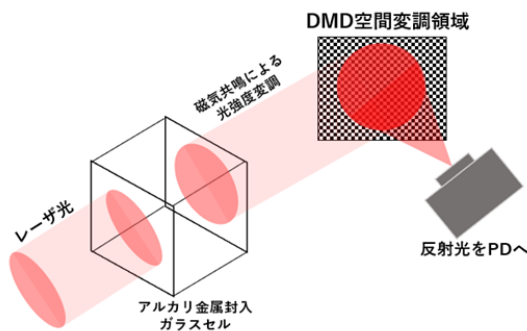


図1. DMDによる透過光の空間分解のイメージ

## 4. 実験方法

本研究では測定対象磁界を  $105 \text{ kHz}$  に設定したため印加磁場  $B_0$  を  $30 \mu\text{T}$  に設定した。式 (1) より、ラーモア周波数は  $105 \text{ kHz}$  と算出され、測定対象磁界の周波数と一致する。測

定の際、センサ部にかかる磁場は  $B_0$  成分のみでなければならない。そのため、図2に示すヘルムホルツコイルを用いてセンサ部にかかる地磁気を相殺した。図2に示す光照射領域がセンサとして感度を持つ領域であり、画像化領域において画像化を行った。

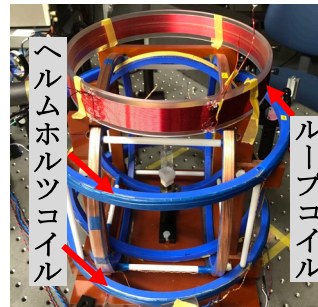


図2. 測定に用いたコイル

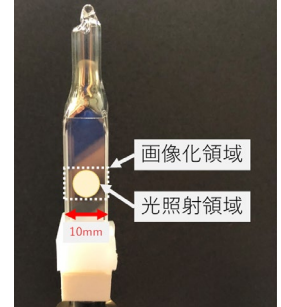


図3. ガラスセル

## 5. 測定結果

センサ上部に設置したループコイル (図2) からの信号磁界強度分布を  $30 \times 30$  画素で出力した画像を図4に示す。走査によるイメージングでは画素数が多くなると単位画素当たりの光強度が弱くなり、図4(上)のように光照射領域は確認できなかった。しかし図4(下)に示すようにGIによるイメージングでは光照射領域が確認でき、信号源の位置する画像上側に高い強度部分が偏る分布画像を得ることが出来た。

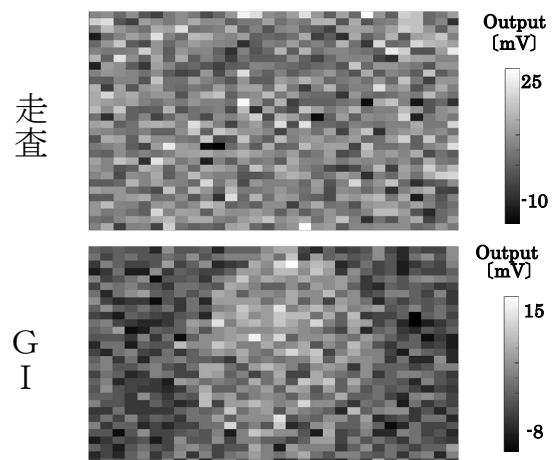


図4. 画像化領域における信号源からの磁界の強度分布 (上) 走査による画像化, (下) GIによる画像化

## 6. まとめ

光学式磁界センサを用いて交流磁界の磁界強度分布画像化を行った。GIでは信号の増幅無しでも高画素まで出力を得ることが出来た。また、強度分布図として定性的な評価は出来たが、画像から得られる光強度振幅値から信号磁界の強度を求めるような定量性は評価できなかった。今後、GIの特性を活かして、測定回数の増加による測定精度の向上、出力画素数増加による空間分解能の向上を目指す。

## 参考文献

[1] E. B. Alexandrov and A. K. Vershovskiy, "Mx and Mz magnetometer," in Optical Magnetometry, D. Budker and D. F. J. Kimball, Eds. Cambridge University Press, New York, pp. 60-84, 2013.

[2] 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～, OPTRONICS 4, p.187, 2017.