シングルピクセルイメージングを用いた磁界分布測定と信号源位置推定に関する研究

Measurement of magnetic field distribution using the single pixel imaging for signal source estimations

1265041 大川 令二 （Soft Intelligent on a chip 研究室）
（指導教員 星野 孝総 准教授）

1. 背景・目的

医学・医療の分野では磁気ナノ粒子(磁気微粒子)を用いた診断，治療に関する研究が行われている．磁気微粒子は機能性分子を修飾することによって特定の腫瘍への集積を行うことが可能である．この集積した磁気微粒子を画像化することによって腫瘍の位置情報を取得する手法を MPI(Magnetic Particle Imaging)と呼ぶ．

本研究では光ポンピング磁気センサを用いた MPI の実現に向けて,シングルピクセルイメージングを用いた磁界分布測定と信号発生源の位置推定についての検証，および測定時間の短縮を行う．

2. シングルピクセルイメージング

シングルピクセルイメージング(SPI)は目的となる二次元強度を既知の符号化パターンを用いて測定を行い，計算処理で元の二次元分布の再構成を行う技術である．その中でも圧縮センシング(CS)[1]はスパース性を使用してランダムな基底から一部の重要な情報を取得する測定手法である．また変動成分のスパース性によって圧縮を行う TV(Total Variance)CS[2]といった手法が存在する．本稿ではこれらの圧縮センシングを磁界分布測定に対して適用し，必要とされる測定回数$n = 1024$に対して$n = [307, 512, 819]$の測定回数での画像再構成を行った．また，実行する上でのパラメータはシミュレーションにおいて最適であった値を使用した．

3. 実験条件

磁気微粒子を図 1 左のように設置し，磁気センサヘッド内の$1 \times 1[\mathrm{cm}^2]$領域の磁界分布の測定を行った．また，発生する磁界分布のシミュレーション結果を図 1 右に示す．磁気微粒子から発生する磁界分布は信号源付近で強い強度を示し，距離によって減衰される．信号源推定では各距離におけるシミュレーション結果と比較し，最もエラー(RMSE)が小さくなる位置を信号源の位置と推定した，

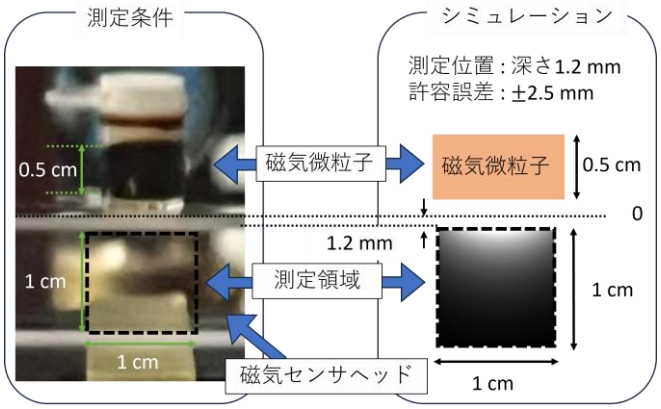

図 1. 磁気微粒子の設置位置と期待される磁界分布

4. 画像再構成結果

図 2 に CS, TVCS を用いた画像再構成の結果を示す. CS を用いた再構成画像に比べて，TVCS を用いた再構成画像では画像上部の磁気微粒子近傍での信号強度が強いことが明確であり，画像全体のノイズがほぼ見られない滑らかな画像が出力されている．

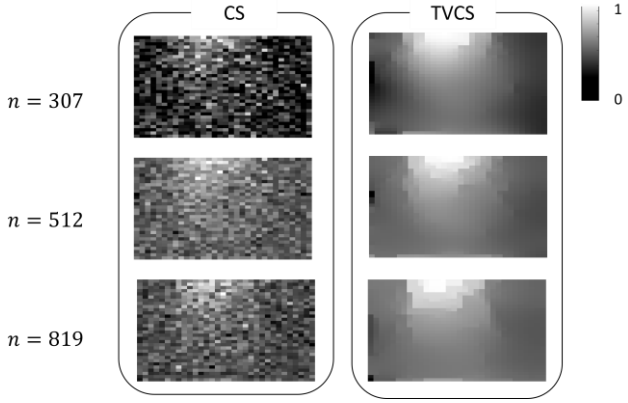

図 2.実測データを用いた CS と TVCS の比較

5. 信号源推定結果

実測された分布と深さ方向におけるシミュレーション結果との RMSE の変化を図 3 に示す.オレンジの領域は磁気微粒子の位置を表す. TVCS を用いて再構成を行った磁界分布は磁気微粒子の位置において.いずれの測定回数においてもある程度近い位置を示した．一方で CS は n=307 において信号源の位置を示したが他の測定では外れた位置を示した，

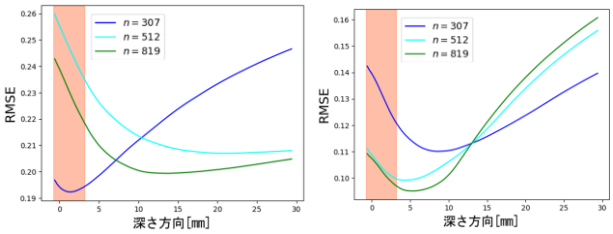

図 3. CS と TVCS を用いた信号源推定の結果

6. まとめ

今回の実験では CS と TVCS を用いて測定回数を圧縮した画像再構成を行った． TVCS では必要数の約 30%の測定回数であっても磁気微粒子の存在が確認できる分布を作成し，磁気微粒子の信号源推定を実証した．

今後の展望として， より少ない測定回数， 微小な磁気信号に対する信号源推定の実証や， それを行うための圧縮センシングのパラメータの最適化， 推定アルゴリズムの改善によって実用的なアプリケーションへの応用を期待する．

参考文献

[1] D. L. Donoho, “Compressed sensing,” IEEE Transactions on information theory,
vol. 52, no. 4, pp. 1289–1306, 2006
[2] L. I. Rudin, S. Osher, and E. Fatemi, “Nonlinear total variation based noise removal
algorithms,” Physica D: nonlinear phenomena, vol. 60, no. 1-4, pp. 259–268, 1992.