

光ポンピング磁気センサの生体磁場計測への応用

Application of Optically Pumped Magnetometers to Biomagnetic-field Measurements

京大院工 伊藤 陽介

Kyoto Univ., Yosuke Ito

E-mail: yito@kuee.kyoto-u.ac.jp

光ポンピング磁気センサ (Optically Pumped Magnetometer: OPM) は、液体ヘリウムなどの冷媒を必要とせず、サブ fT オーダの非常に高い計測感度を有することから非常に注目を集めている。近年ではヘリウムの流通が滞っていることもあり、生体磁場計測の分野での OPM の応用が盛んに進められている [1]。

現在主流の OPM は、アルカリ金属原子を利用したものであり、光ポンピングにより生成したスピン偏極が計測対象の磁場により歳差運動するのを観測することで磁場を観測するものである。その際、スピンコヒーレント時間は主にアルカリ金属原子同士のスピン交換衝突に支配されるため、以前は生体磁場計測に十分な計測感度は得られていなかった。しかしながら、高いアルカリ金属原子密度と微弱な磁場強度という条件下で、スピン交換衝突緩和フリー (Spin Exchange Relaxation Free: SERF) 状態となり、OPM の計測感度は大幅に向上することが明らかになり、生体磁場計測への応用が進められるようになった [2, 3]。

最近の研究の動向としては、センサの小型化が進んでおり、多チャンネルの脳磁界計測システムも販売されつつある。我々のグループでも、SERF 型の小型 OPM モジュールを共同研究により開発しており [4]、脳磁界などの生体磁場計測を実施している。さらに、近年ではシールドレスの環境でも動作可能な OPM の開発も進んでいる [5]。SERF 型 OPM は、SERF 条件の維持や出力の線形性が保たれる磁場強度によりダイナミックレンジが制限され、その範囲は nT オーダであるため、SERF 型 OPM は高感度であるものの基本的には高性能な磁気シールド内でのみ動作が可能である。これに対して、スピン偏極の歳差運動の周波数を計測し、グラジオメータとの併用することによりシールドレスで心磁界や脳磁界の計測が実証されている。我々のグループでも検証実験やシミュレーションによりその有効性を確認しており [6]、引き続き検討を進めていく。

謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究 (B) (21H03807) の助成を受けて行われた。

参考文献

- [1] E. Boto, N. Holmes, J. Leggett, G. Roberts, V. Shah, S. S. Meyer, L. D. Muñoz, K. J. Mullinger, T. M. Tierney, S. Bestmann, G. R. Barnes, R. Bowtell and M. J. Brookes: *Nature* **555**, 657–661 (2018).
- [2] W. Happer and H. Tang: *Phys. Rev. Lett.* **31**, 273–276 (1973).
- [3] J. C. Allred, R. N. Lyman, T. W. Kornack and M. V. Romalis: *Phys. Rev. Lett.* **89**, 130801 (2002).
- [4] <https://www.hamamatsu.com/jp/ja/news/products-and-technologies/2022/20220224000000.html>.
- [5] M. Limes, E. Foley, T. Kornack, S. Caliga, S. McBride, A. Braun, W. Lee, V. Lucivero and M. Romalis: *Phys. Rev. Appl.* **14**, 011002 (2020).
- [6] 堀 拓真, 伊藤 陽介: *日本生体磁気学会誌* **35**, 114–115 (2022).