

## 光ポンピング原子磁気センサにおける差動測定によるノイズ低減

## Noise reduction by differential measurement in optically pumped atomic magnetometers

キヤノン<sup>1</sup>, 京大院工<sup>2</sup> ○市原直<sup>1</sup>, 鎌田啓吾<sup>2</sup>, 伊藤陽介<sup>2</sup>, 水谷夏彦<sup>1</sup>, 小林哲生<sup>2</sup>Canon Inc.<sup>1</sup>, Graduate School of Engineering, Kyoto Univ.<sup>2</sup>,○Sunao Ichihara<sup>1</sup>, Keigo Kamada<sup>2</sup>, Yosuke Ito<sup>2</sup>, Natsuhiko Mizutani<sup>1</sup>, Tetsuo Kobayashi<sup>2</sup>

E-mail: ichihara.sunao@canon.co.jp

光ポンピング原子磁気センサ(OPAM)は、超伝導量子干渉素子(SQUID)に匹敵する磁場感度を示し[1]、近年注目を集め、なかでも生体磁気計測への応用が期待されている。このセンサの原理は、アルカリ金属蒸気にはポンプ光を照射してスピン偏極させ、スピン偏極の磁場による運動を、プローブ光のファラデー回転によって検出するものである。生体が発する微弱磁場を測定するためには環境磁場ノイズを低減する必要がある。このノイズ低減のために2つの同じセンサの出力の差を取り出す差動測定が報告されている[2]。この測定では、差動距離は数 mm と短かった。一方、SQUID を用いた差動測定の研究では、最適な SNR を得るために差動距離を信号源とセンシング領域との距離と同程度にする必要があることが明らかになっている[3]。

本研究では、脳磁気信号の測定を想定して差動距離 3 cm での差動測定によるノイズ低減効果を検証した。5 cm 角ガラスセルにカリウム原子を封入し、ポンプ光とプローブ光のビームをそれぞれ 3 cm 間隔で2本ずつ照射し、セルの中で 3 cm 離れた 2 箇所でポンプ光とプローブ光とが直交するように配置した。ポンプ光は、カリウム原子の  $D_1$  遷移に共鳴する波長の円偏光の光で、カリウム原子をスピン偏極させた。プローブ光は、直線偏光の光であり、ファラデー回転が最大になるように  $D_1$  共鳴波長から 0.1 nm 程度離調した。差動測定において高いノイズ低減効果を得るためには、2つのセンサの磁場応答の特性を揃えることが重要である。原子磁気センサの磁場応答の特性はセンシング領域における静磁場に依存するので、高いノイズ低減効果を達成するためにはセンシング領域間の静磁場の均一性を高めなければならない。ガラスセルの周囲に 3 軸ヘルムホルツコイル及び傾斜磁場補正コイルを配置して、10 Hz または 100 Hz の磁気信号に共鳴するようバイアス磁場を印加し、2つのセンシング領域における共鳴周波数の違いが 0.1 Hz 以下になるよう傾斜磁場を調整した。Fig.1 は単一領域測定と二領域差動測定のノイズレベルを比較した結果である。10 Hz 共鳴、100 Hz 共鳴ともに差動測定によってノイズが低減した。この結果、差動距離 3 cm の差動測定でも環境磁場ノイズを半分以下に低減できることを確認できた。ポンプ光を入れず磁気センサとして動作していない場合のノイズが、差動測定の場合のノイズとほぼ同じであることから、感度を制限する要因はセンサ固有の相互に無関係なノイズであると考えられる。

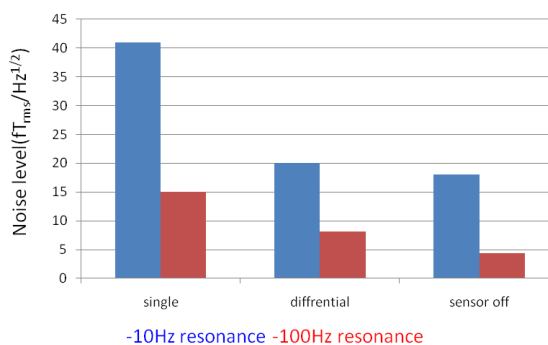


Fig.1: Noise level for single and differential measurements of OPAM at 10(blue) and 100 (red) Hz resonance. Noise levels when the pump beam is off (sensor off) are shown for comparison.

## References

- [1] J. C. Allred, R. N. Lyman, T. W. Kornack, and M. V. Romalis, Phys. Rev. Lett. **89**, 130801 (2002).
- [2] K. Kominis, and M. V. Romalis, Nature, **422**, 596 (2003).
- [3] A. Garachtchenko, A. Matlashov, and R. H. Kraus Jr., IEEE Trans. Appl. Supercond. **9**, 2 (1999).