

## ■ はじめに

量子基礎理論の研究分野で弱値の概念は、1988年に Aharonov らによって提唱され、測定前の状態 $\psi$ と測定後の状態 $\phi$ を用いて、物理量  $A$  に対して図 1 のように定義される[1]。被測定系と測定器の相互作用が弱い極限で定義されるので、弱値と呼ばれる。弱値は、元の物理量の最大固有値よりも大きな値に増幅されることがある(弱値増幅)。しかし弱値増幅を扱うには高度な数学と現実の計測両方に精通する必要があるため、現実の計測に応用した研究はほとんどない。一方で量子計測分野では、量子性を用いた微弱信号検出の研究が行われ、単一スピンの検出などは議論されているが、微弱かつ不安定な信号検出に関しては議論されていない。量子センシングに弱値増幅を応用すれば、微弱かつ不安定な磁場を検出できる超高感度量子センサが実現できると考えた。

[1] Y. Aharonov, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **60**, 1351 (1988)

## ■ 活動内容

1. 先行研究[2]の論文読解をし、解析計算の結果を解析的または数値的に確認をする。
2. 弱値量子センサのモデリングを行い、弱値増幅を用いることで微弱信号の高感度計測が可能であることを示す。具体的には以下の 2 種類の量子センサを検討する。

(A)量子センサと量子信号増幅器(1量子ビット)から構成される単一型弱値量子センサ

特に、増幅器による SN 比の改善(増幅器で信号を増幅してノイズレベル以上の信号を得る)が可能であることを、フィッシャー情報量の計算により定量的に示す。

(B)量子センサと量子信号増幅器(L 量子ビットの量子スピン系)から構成される量子相転移型 弱値量子センサ

量子信号増幅器のパラメータを相転移点近傍にセットすることで、わずかな信号にたいしても磁化が劇的に変化する状態を用意する。弱値と相転移効果による、複合的な増幅効果により、既存の素子と比べて桁違いの感度が達成できるプロトコル開発を目指す。

[2] G. C. Knee, *et al.*, Phys. Rev. A, **87**, 012115 (2013)

## ■ 関連情報等(特許関係、施設)

特許に関しては、理論提案の後、本研究の磁場センサが実装可能となった場合に申請することを検討している。

$$\text{弱値 } A_w := \frac{\langle \phi | A | \psi \rangle}{\langle \phi | \psi \rangle}$$

図 1 : 弱値の定義式

代表発表者  
所属  
問合せ先

嶋田 ありさ(しまだ ありさ)  
産業技術総合研究所  
〒305-0045 つくば市梅園 1-1-1  
新原理コンピューティング研究部門  
TEL:029-861-5022

■キーワード: (1)量子情報  
(2)量子センサ

■共同研究者:松崎雄一郎、箱嶋秀昭