

# 鉄単結晶を用いたスピン波干渉による物理リザーバーの検討

小屋祐真、関口康爾  
(横浜国立大学)

Reservoir computing by spin-wave interferometry using Fe single crystals

Y. Koya, and K. Sekiguchi  
(Yokohama National Univ.)

## はじめに

IoT 社会の到来に向けて情報処理の高効率化の手段としてエッジコンピューティングが導入され始めている。エッジコンピューティングを低消費・高効率で行うためには現在のサーバーに代わる新たなデバイスが必要である。その一つとしてイットリウム鉄ガーネット(YIG)を用いたスピン波リザーバーデバイス<sup>1)</sup>が提案されている。鉄単結晶を用いる利点として Voltage-Controlled Magnetic Anisotropy(VCMA)を用いたスピン波励起やスピン波の高速化が期待できるため<sup>2)</sup>、本研究では鉄単結晶によるスピン波物理リザーバーの検討を行った。

## シミュレーション方法

本研究では Mumax3 によるマイクロマグネティックシミュレーションを用いて鉄単結晶を用いたスピン波物理リザーバーを検討した。縦 12  $\mu\text{m}$ 、横 12  $\mu\text{m}$ 、厚さ 10 nm の鉄単結晶に中心(0, 0)に対して直径 250  $\mu\text{m}$  の円柱状に励起点(1  $\mu\text{m}$ , 0), (-1  $\mu\text{m}$ , 0)と観測点(0, 1  $\mu\text{m}$ ), (0, 0), (0, -1  $\mu\text{m}$ )を設置した。Fig.1 は励起信号で、一軸磁気異方性 $K_{ul}$ が変化することで磁化が変動しスピン波が励起されるため、一軸磁気異方性を矩形波状に変化させることでスピン波を励起した。観測点で出力されたスピン波の包絡線信号をとり、重み付けを行い学習した。学習では矩形波信号の一部分(第二領域)の時間を変化させ、その時間の推定を行った。

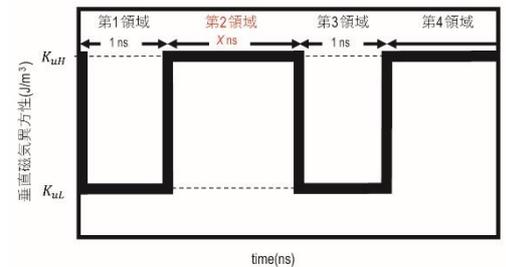


Fig.1 励起信号

## シミュレーション結果

Fig.2 は学習開始時間と RMSE(二乗平均平方根誤差)の関係である。2 回目のスピン波が到達した時間付近である 7 ns~8 ns で学習結果を抜粋した。学習開始時間 7.65 ns で RMSE は 0.204 となり最小の誤差となった。

Fig.3 は誤差が最小となった学習開始時間 7.65 ns のときの推定結果である。横軸が矩形波信号の変化させた部分の実際の時間、縦軸が推定された時間である。4 つの学習用のトレインデータおよび 3 つのテストデータの誤差は小さく、推定値での逆転がないことから時間ごとの分離が可能である精度での学習ができていることが分かる。これにより鉄単結晶を用いたスピン波物理リザーバーの汎化性が示された。

これらの結果から鉄単結晶を用いた場合でも YIG<sup>(1)</sup>を用いた場合と同様にスピン波による物理リザーバーで学習が行えることがわかった。

## 参考文献

- 1) R. Nakane *et al.*, IEEE Access **6**, 4462 (2018)
- 2) K. Sekiguchi *et al.*, NPG Asia Mater, **9**, e392 (2017)

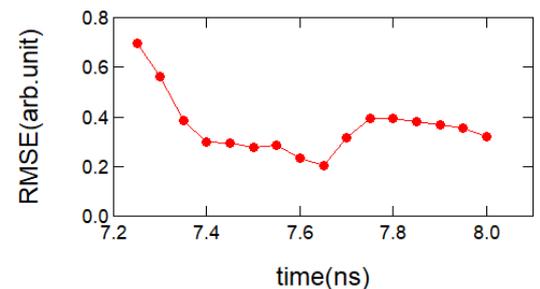


Fig.2 学習開始時間と RMSE の関係

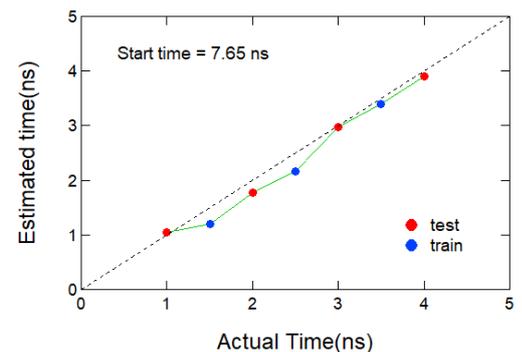


Fig.3 推定結果