遅延回路を含むスピントロニクス素子におけるカオス Chaos in spintronics device with feedback circuit 産総研¹,東大²,金沢大³,高エネ研⁴ [○]谷口知大¹,明石望洋²,野津裕史³,木村正人³,塚原宙⁴,中嶋浩平² AIST 1, Univ. Tokyo², Kanazawa Univ.³, KEK⁴ [○]Tomohiro Taniguchi¹, Nozomi Akashi², Hirofumi Notsu³, Masato Kimura³, Hiroshi Tsukahara⁴, and Kohei Nakajima²

E-mail: tomohiro-taniguchi@aist.go.jp

近年、スピントロニクス素子を用いた物理リザバー計算[1,2] などの人工知能応用が注目を集め ている[3]。脳をモデル化したデバイスの動作原理はニューロンに見立てられた素子間の相互作用 によって引き起こされる複雑な非線形ダイナミクスに基づいている。このようなダイナミクスは 従来のスピントロニクス分野で研究されてきた磁化反転や自励発振といった単純で周期的なダイ ナミクスとは大きく異なっている。特に興味深いダイナミクスがカオスである。カオス近傍の状 態にあるデバイスが高いリザバー計算の性能を示すことが報告されている[4] 一方で、従来のスピ ントロニクス素子は2つの力学変数しか有していないためカオスは励起できない。

本研究ではスピントルク発振器に遅延回路を付けた系の磁化ダイナミクスを理論的に調べた。遅 延系は原理的に自由度が無限大なのでカオスが生じ得る。垂直磁化したスピントルク発振器のダ イナミクスを Landau-Lifshitz-Gilbert 方程式から評価した結果、遅延効果がない時には図(a)のよ うに単純な発振が励起されるが、遅延回路を付けることで図(b)のようなカオスが誘起されること が明らかになった[5]。

本研究は NEDO プロジェクトの支援の下に行われた。



I: Magnetization dynamics in a spin-torque oscillator with a perpendicularly magnetized free layer (a) without and (b) with feedback current. The black and red lines correspond to the perpendicular (z) and in-plane (x) magnetization components.

1. W. Maass et al., Neural Comput. 14, 2531 (2002). H. Jaeger and H. Haas, Science 304, 78 (2004).

2. D. Brunner *et al.*, Nat. Commun. **4**, 1364 (2013). K. Nakajima *et al.*, Sci. Rep. **5**, 10487 (2015). K. Fujii and K. Nakajima, Phys. Rev. Applied **8**, 024030 (2017).

3. J. Torrejon et al., Nature 547, 428 (2017).

4. D. Sussillo and L. F. Abbott, Neuron **63**, 544 (2009). R. Laje and D. V. Buonomano, Nat. Nuerosci. **16**, 925 (2013).

5. T. Taniguchi et al., Phys. Rev. B 100, 174425 (2019).