

情報担体を活用した集積デバイス・システム  
2020 年度採択研究代表者

2020 年度 年次報告書
------------------

齊藤英治

東京大学 工学系研究科／東北大学 材料科学高等研究所  
教授／客員教授

非古典スピン集積システム

## § 1. 研究成果の概要

マグノンのパラメトリック励起による磁性体ドットを用いた演算素子開拓では、その基礎要素となる磁性体ドットの集積加工技術を確認した。またドット内に励起されるマグノン状態を評価するべく、マグノンに対する状態トモグラフィ法をスピン流測定 (AC スピンポンピングおよび逆スピンホール効果) により実現した。並行して、集積ドット系の同時観測を可能とするため、フェムト秒パルスレーザーとマイクロ波を位同期させた高速時間分解磁気光学イメージング法を実現し、磁性体ドット中に生じるスピン波モードの直接観測を実施した。また、磁性体ドット内のマグノンのダイナミクスをシミュレーションすべく、数値計算および理論解析を行い、静磁相互作用に起因するマグノン2モード間の結合によりマグノン緩和時間を延長させる機構を見出し、磁化ダイナミクスのコヒーレンスを利用した磁性体ドット演算の実装に向けた道筋を示した。

スカーミオンを用いたブラウニアン回路素子の開発では、磁性多層膜構造の最表面に対する微細加工技術を用いて、熱揺らぎで駆動する基本論理演算素子を実装し、その演算能力を評価した。また、ブラウニアン回路への実装を念頭にブラウン運動を積極的に利用し、熱揺らぎで動作する新しい2次元セルオートマトンモデルを開発した。このモデルには、3つの状態と10の遷移ノイマン型ルールがあり、これまでの同様のセルオートマトンの中で最も複雑さが少ないモデルである。また、熱揺らぎ駆動計算の量子バージョンの開発では、スカーミオンを熱揺らぎにより駆動するブラウニアン回路を念頭に、理論研究を行い、基本素子での発熱なしに計算を遂行する可能性を検討した。Gillespie アルゴリズムを用いた数値シミュレーションや完全計数統計理論を用い、計算時間分布を解析した。計算時間分布の信号雑比が、熱力学的不確定性関係により制約を受けることを確認した。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 情報物理学と集積デバイス応用研究グループ(東京大学)

- ① 研究代表者: 齊藤 英治(東京大学工学系研究科 教授)
- ② 研究項目
  - ・YIG ドット加工及び集積技術開発・機械学習も活用した材料最適化
  - ・YIG 非古典相関ビット動作の実証
  - ・理論構築・性能評価

### (2) ソフトウェアとデバイス研究グループ(情報通信研究機構)

- ① 主たる共同研究者: Ferdinand Peper(情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター 副室長)
- ② 研究項目
  - ・スカーミオン集積技術開発
  - ・非古典スピン計算システムのアルゴリズムの研究
  - ・スカーミオンおよび磁気ナノ構造を用いた古典集積回路の実装と非古典物理現象の開拓

### (3) プロセスとアプリケーション研究グループ(NEC)

- ① 主たる共同研究者: 石田真彦(NECシステムプラットフォーム研究所 主幹研究員)
- ② 研究項目
  - ・YIG ドット加工及び集積技術開発・機械学習も活用した材料最適化
  - ・YIG 非古典相関多ビット動作の実証

### (4) 物質開発と計測研究グループ(東北大学)

- ① 主たる共同研究者: 齊藤英治(東北大学材料科学研究所 主任研究者)
- ② 研究項目
  - ・YIG ドット加工及び集積技術開発・機械学習も活用した材料最適化
  - ・理論構築・性能評価