

情報担体を活用した集積デバイス・システム  
2020 年度

2021 年度 年次報告書
------------------

千葉大地

大阪大学 産業科学研究所  
教授

集積スピンドライバーフィジカルシステムの構築

## § 1. 研究成果の概要

本課題は、スピン素子と有機回路をフレキシブル基材上に集積化し、集積スピンとスピネットワークを用いて生体モーション等を高度に推定・予測する未来を切り拓く。この情報担体は無給電演算や不揮発記録機能も備えるサイバー空間でもある。本研究では、以下のような基盤となるキラーデバイス・システム＝集積スピンサイバーフィジカルシステム(集積スピンCPS)を実現する：生体モーションを精密に推定する**①**ウェアラブル集積スピンセンサパッド、無電源でメカニカルイベントを記録し演算可能な**②**ゼロエナジ・メカニカルスマートレジスタ、スピンとMEMS技術を融合した**③**スピンMEMS(集積スピン加速度センサシステム)。

**①**当該年度は、スピン素子のみを集積化した単純マトリクス方式のウェアラブルスピン集積センサパッドの試作を完了し、それを手の甲に貼り付けて出力を機械学習により解析することで、グー・チョキ・パーの動作の推定を行った。また、スピン素子＋有機TFTを集積化したアクティブマトリクス方式のセンサシートについては、数回の試作を繰り返し、課題を洗い出した。また、ゲージ率1000のフィルム型スピンひずみゲージの開発に成功し、課題解決に対する指針を得た。

**②**マイクロマグネティックシミュレーションを用いて動作原理を解明し、設計の要となる条件を明らかにすることにより今後の素子設計が容易となった。これに加え、走査型電子顕微鏡像から素子構造を抽出、マイクロマグネティックシミュレーションにより作製した素子の評価が可能なシステムを構築した。平行して、引っ張り試験機上に設置した試料を測定可能なシステムを設計・構築した。さらに、フレキシブル基板上に交換バイアス型の巨大磁気抵抗素子構造を形成し、動作実証と読み出し機構開発を進めた。

**③**スピンMEMSについては、複数のGMR素子からの差動増幅出力を得ることが重要であり、GMR素子配置や全体設計、周辺回路設計を行った。

## § 2. 研究実施体制

### (1) 千葉グループ

① 研究代表者:千葉 大地 (大阪大学 産業科学研究所 教授)

② 研究項目

#### 1. ①ウェアラブル集積スピンセンサパッド

- 1.1 融合集積回路設計
- 1.2 素子構造とその出力の最適化
- 1.3 集積センサ試作
- 1.4 通信モジュール搭載と性能試験
- 1.5 時系列 AI 推定・予測ソフト開発
- 1.6 動作実証

#### 2. ②ゼロエナジ・メカニカルスマートレジスタ

- 2.3 情報読み出し機構開発
- 2.5 情報読み出し機構の高度化

#### 3. ③スピン MEMS

- 3.1 素子最適構造検討
- 3.2 一軸加速度センサシステム開発
- 3.3 計測ソフトウェア開発と性能試験
- 3.4 多軸加速度センサ開発

#### 4. ④統合集積スピン CPS 開発

- 4.1 ①・②の融合
- 4.2 統合スピン CPS 開発
- 4.3 伝わるデモの準備と実施

### (2) 野村グループ

① 主たる共同研究者:野村 光 (大阪大学 大学院基礎工学研究科 講師)

② 研究項目

#### 2. ②ゼロエナジ・メカニカルスマートレジスタ

- 2.1 センサインタフェース開発
- 2.2 センサ・レジスタ回路開発
- 2.3 情報読み出し機構開発
- 2.4 スマートレジスタデモ実施

#### 4. ④統合集積スピン CPS 開発

- 4.1 ①・②の融合
- 4.2 統合スピン CPS 開発
- 4.3 伝わるデモの準備と実施

【代表的な原著論文情報】

- 1) H. Matsumoto, S. Ota, T. Koyama, and D. Chiba, “Biaxial strain sensing using a Pd/Co-based perpendicular flexible spin valve”, *Applied Physics Express* **15**, 033004 (2022).
- 2) K. Saito, A. Imai, S. Ota, T. Koyama, A. Ando, and D. Chiba, “CoFeB/MgO-based magnetic tunnel junctions for film-type strain gauge”, *Applied Physics Letters* **120**, 072407 (2022).