2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2023 年度採択　Top のための ASPIRE　半導体分野】

【研究課題名】
スピントロニクス確率論的コンピュータの大規模集積化に向けた基盤構築と
『確率超越性』の実証

研究代表者：
深見 俊輔（東北大学　教授）

相手側研究代表者：
Kerem Camsari（Associate Professor, UC Santa Barbara）

1. 研究進捗状況と成果

① 研究構想

本研究課題では低炭素社会の実現に向け期待される、従来型の決定論的なコンピュータが扱うことを苦手とする複雑性の高い問題を効率的に処理するのに長けた確率論的コンピュータの大規模集積化に向けた基盤的理解・技術を構築し、その有用性を実証することを目指している。

2025 年度は確率論的コンピュータの大規模化に向け、その基本構成要素である確率ビットにおいて従来必要であったデジタル・アナログ変換器（DAC）を不要とする完全デジタル確率ビットの実証とそれを用いたコンピューティングの原理実証、及び確率ビットにおいて最も重要な役割を果たす超常磁性磁気トンネル接合の高性能化に向けた理解の確立などに関する研究に取り組み、多くの成果を得た。

② 国際ネットワーク構築・拡大、国際頭脳循環に資する若手研究者の人材育成

上述の確率論的コンピュータに関する国際共同研究に加え、スピントロニクスの情報処理通信技術応用に向けた基礎・基盤的な国際共同研究を広く展開し、そこに若手研究者・学生を積極的に参画させ、国際頭脳循環に資する人材を育成している。

2025 年度は計 6 名の若手教員・学生の海外研究機関への長期派遣、計 5 名の学生の海外研究機関からの長期間での受け入れを実施した。また 2025 年 5 月には米国イリノイ州 Evanston にて、米国側代表者の Kerem Camsari 氏が Chair、日本国側代表者の深見が Program committee としてイジングマシンに関する国際会議を開催。2026 年 3 月には岩手県八幡平市にてスピントロニクス分野の世界トップ研究者を多数招待し、合宿形式でのスクールを開催した。

2. 代表的な成果事例

1. 【国際会議発表】K. Selcuk, …, S. Fukami, and K. Y. Camsari, "DAC-Free p-bits: Asynchronous Self-Coloring and On-Chip Annealing," 2025 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), doi:10.1109/IEDM50572.2025.11353558
   概要：従来の確率ビットはアナログ入力、デジタル出力で動作し、入力信号を作るためにデジタル・アナログ変換器（DAC）が必要であった。この DAC は回路面積と消費電力が大きく、大規模化の足かせであった。本研究にてこの DAC を不要とする新たな確率ビットの回路を提案し実証した。また提案した回路を用いたコンピューティングの実証を行った。
2. 【プレスリリース】AI 計算を高効率に処理可能な確率論的コンピューターの大規模化に向けて新技術の動作実証に成功 －アナログ回路不要確率ビットを提案しスピントロニクス技術で実証－（2025 年 12 月 10 日 東北大学）
   概要：上記の国際会議発表のプレスリリースである。
3. 【表彰】深見 俊輔、KDDI Foundation Award 2025 本賞,、公益財団法人 KDDI 財団、 "スピントロニクスの省エネ情報技術応用"、2025 年 9 月 16 日
   概要：KDDI 財団の表彰事業であり、広く ICT 技術を対象とし、毎年文系・理系の各分野にて顕著な業績を上げた個人 2 名が表彰される。本 ASPIRE 事業で取り組んでいる確率論的コンピュータを含む取り組みが評価され受賞に至った。