

量子制御研究室

近藤 康 教授
博士研究員 2 名, 学部生 6 名

研究の概要

- **核磁気共鳴 (NMR) 装置の開発と応用**

NMR は比較的簡単な装置で量子力学的な対象 (原子核のスピン) を操作し測定できる実験手法である。その応用分野は広く、医療における MRI (Magnetic Resonance Imaging) から最先端の物性研究まで幅広い分野で使われている。

2018 年には、電気電子工学科の菅原先生と協力して開発したフェライト磁石を用いた静磁場による NMR 装置を改良して、化学シフトが検出できるまで磁場の均一度を向上させた。

次の項目にも関係するが、これらの卓上型 NMR 装置による量子アルゴリズムの実装にも成功している。

- **量子コンピュータ、特に NMR 量子コンピュータ**

古典コンピュータが 0 と 1 を用いた 2 進数を使って論理演算を行うのに対し、量子コンピュータは量子力学に基づき、 $|0\rangle$ と $|1\rangle$ と見なすことができる二つの状態を論理演算の基礎に置く。量子コンピュータの研究と言っても、その本質は量子力学の研究である。

今、量子コンピュータの分野は非常に面白い。まるで、アメリカの西部開拓時代のようにちょっと危ない雰囲気がある (詐欺師まがいの研究者がいたり、早撃ちの決闘のようにできるだけ早く論文を出さないと競争に負ける、などのことがある)。しかしながら、とても「元気」のある領域である。

化学分析に用いる NMR 装置を用いて、実験的にアルゴリズムの研究を行ってきた。簡単な Deutsch-Jozsa のアルゴリズムからスタートして、「量子テレポーテーション」の実験にも成功している。2008 年度から装置の開発も始めた。

2017 年 10 月から、NTT の物性基礎研究所の斎藤志郎氏がチーム・リーダーの「超伝導量子ビットを用いた極限量子センシング」の CREST 研究の主たる共同研究者になった。近畿大学では、「量子センサ実現に向けた理論の開発と NMR による原理実証」を行う。この予算で 2021 年度は 2 名の博士研究員 (PD) を採用した。

最近、溶液中の分子を近似的な孤立系とみなして、緩和の研究を行っている。2021 年度には基盤研究 (C) にも採択された。

- **学生実験装置の開発**

コンパクトで簡単に操作できるけれど、教育的な価値のある実験が行える装置を「開発」し、それをを用いた実験の指導法を「研究」している。

これまでに、等電位線、光の干渉、コンデンサーの充放電、相互誘導、高温超伝導、共振回路などの実験を行う装置を作ってきた。「開発」した装置による実験手引き書は私のホームページにて閲覧可能である。また、「物理学実験教育の新しい試み（近畿大学理工学部通信、第31号）」も参照のこと。

- **2021年度の発表論文の概要**

1. 高感度な磁場センサーとして超伝導量子ビットを用いる研究をCREST研究の一環として行っている。その超伝導量子ビットをセンサーとして活用するだけでなく、測定対象を冷却するために使用できることを示した。
2. センサーの数 n が増えるほど、感度が向上することが知られている。通常ノイズ下のセンサーの感度は \sqrt{n} に比例して向上するが、特殊な場合には n に比例して良くなる場合があることを示した。

学術論文（査読付）

1. “Polarizing electron spins with a superconducting flux qubit”
Shingo Kukita, Hideaki Ookane, Yuichiro Matsuzaki, Yasushi Kondo, Physical Review A 105(1) 2022年1月28日
2. “Heisenberg-Limited Quantum Metrology Using Collective Dephasing”
Shingo Kukita, Yuichiro Matsuzaki, Yasushi Kondo, PHYSICAL REVIEW APPLIED 16(6) 2021年12月

学士論文

- 「物体の運動の3次元データの取得」
- 「Deep-Neural-Networkによる楽譜自動作成システム」
- 「オフレゾナンス・エラーに耐性を持つ対称な複合量子ゲート」
- 「3Dプリンターによる磁場の空間分布の測定」
- 「Si(111)-7x7の表面構造」
- 「ダヴィンチの橋の構造原理、解析および模型製作」

国内学会・研究会講演

1. 大兼英朗, 久木田真吾, 松崎雄一郎, 近藤康
「超伝導磁束量子ビットを用いた電子スピン冷却」
日本物理学会秋季大会 (2021) 21aA2-10
2. 久木田真吾, 木屋晴貴, 近藤康
「オフレゾナンスエラーに耐性を持つ複合量子ゲートの幾何学的意味」
日本物理学会秋季大会 (2021) 22pA2-8
3. 久木田真吾, 木屋晴貴, 近藤康
「二種類のエラーにロバストな新しい複合量子ゲート」
日本物理学会第 77 回年次大会 (2022) 16aE11-1
4. 木屋晴貴, 久木田真吾, 近藤康
「Off-Resonance Error に耐性を持つ複合量子ゲートの一般的な構成法」
日本物理学会第 77 回年次大会 (2022) 16aE11-2

競争的外部資金

- 戦略的創造研究推進事業、研究タイプ「チーム型 (CREST)」
研究領域：量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出
研究課題：超伝導量子ビットを用いた極限量子センシング
期間：2017 年 10 月 1 日より 2023 年 3 月 31 日まで (予定)
研究代表者：齋藤 志郎
研究題目：量子センサ実現に向けた理論の開発と NMR による原理実証
主たる共同研究者：近藤 康
2021 年度直接経費：789 万円
- 基盤研究 (C)
分野：半導体, 光物性および原子物理関連
研究題目：NMR 量子コンピュータの手法による開放系の研究
研究代表者：近藤 康
2021 年度直接経費：80 万円

学外活動

- 近畿大学附属中学校体験実験
近畿大学 2021 年 8 月 27 日

- 泉北高校 SSH 「恒星間宇宙旅行」講演
オンライン 2020 年 12 月 21 日

学内委員

- 教務委員（前期）
- 基礎物理学世話人（前、後期）
- コース主任（後期）

学外委員

- 日本物理学会領域 1 量子エレクトロニクス世話人