


ウランも含む強相関トポジカルスピ三重項超伝導の物理

	研究代表者	東北大学・金属材料研究所・教授 青木 大（あおき だい）	研究者番号:30359541
	研究課題 情報	課題番号：22H04933 キーワード：強相関トポジカル超伝導、微細加工、スピ三重項超伝導、ウラン化合物	研究期間：2022年度～2026年度

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

本研究は強相関f電子系超伝導体、とりわけ新奇ウラン化合物超伝導体 UTe_2 と強磁性超伝導体に焦点を絞り「スピ三重項超伝導状態の理解」とバルクスピ三重項超伝導として期待される「トポジカル超伝導の実験的・理論的解明」を目的とする。これらの超伝導の発現機構の解明、スピ三重項超伝導・トポジカル超伝導に起因した新奇現象の発見を目指す。

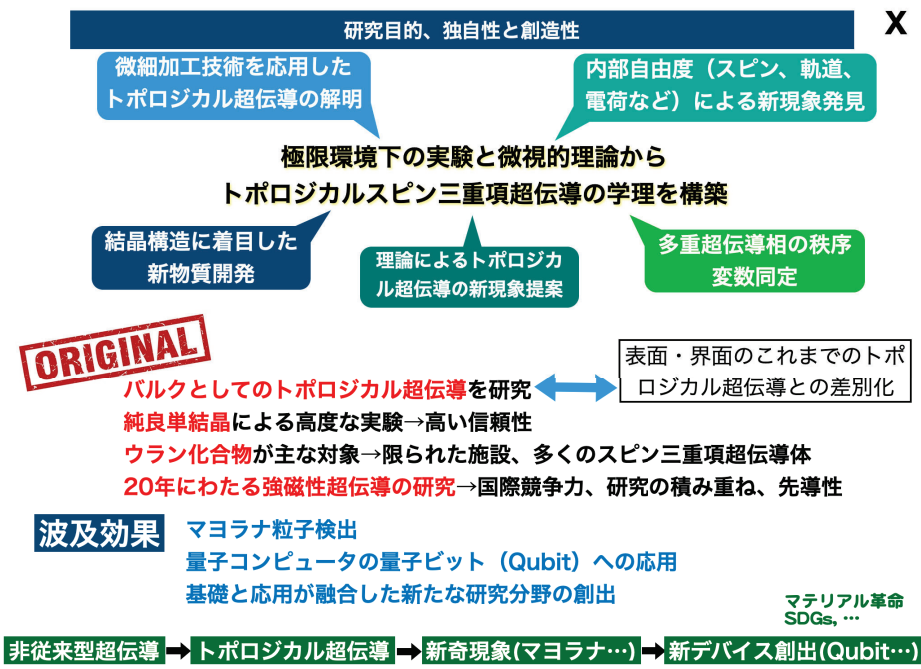


図1 研究の全体像

●研究の背景

もともと相容れない物理現象だと考えられてきた強磁性と超伝導が、実は密接な関わりがあり、両者は共存しスピ三重項状態という特殊な超伝導状態をとることがわかってきた。強い磁場を加えても超伝導が壊れず、磁場誘起超伝導など驚くべき性質が我々のこれまでの研究によってわかってきた。最近、この超伝導がバルクで発現するトポジカル超伝導であるという、新たな視点が理論的に提唱され、「幻の粒子」マヨラナフェルミオンや量子コンピュータへの応用など、従来の研究の枠にとられない新たな研究の展開が待ち望まれていた。

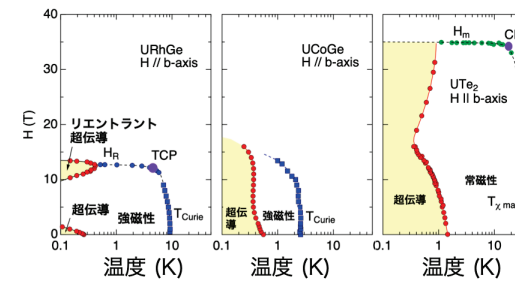


図2 強磁性超伝導体および UTe_2 で観測される磁場誘起超伝導

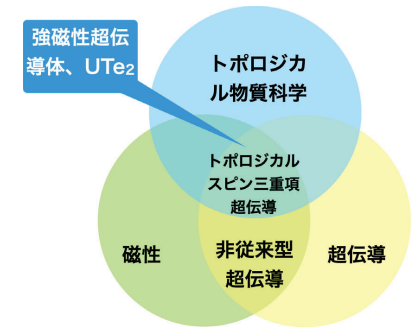


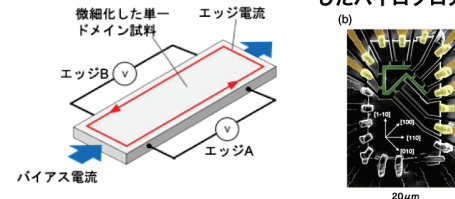
図3 磁性、超伝導、トポジカル物質科学の関係。3つが重なるところが本研究の対象である。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

●本研究の具体的方針

本研究で行うより具体的な内容は以下の通りである。（1）極限環境（極低温・強磁場・高圧）における超伝導相、磁気秩序相の微視的解明。（2）多重超伝導相の秩序変数の決定。（3）トポジカル超伝導としてのエッジ伝導の検出および表面に現れる新奇物性の開拓。（4）世界最高純度の単結晶育成と新物質開発。（5）「金属の顔」フェルミオロジー。このうち（3）については、微細加工技術をウラン化合物に適用し、非線形輸送現象、トポジカル超伝導タイオード効果、半整数量子磁束などの新現象探索を狙った挑戦的な内容となっている。（4）の新物質開発については、研究代表者の得意とするさまざまな結晶育成技術を駆使して、ジグザグ、梯子構造などの特徴的な結晶構造に着目したウラン化合物を中心とした物質開発を進める。ウラン化合物を含むアクチノイド物質は、核燃料として工学的な観点から多くの研究がなされてきた経緯があるが、実は基礎研究の観点からも大変興味深い性質を示すことが知られている。ウランの持つ5f電子のために、超伝導、「隠れた秩序」、非フェルミ液体的現象など多彩で魅力的な物性物理の宝庫である。本研究は、物質開発・微細加工から始まって極限環境下の物性測定を通じて、強相関トポジカルスピ三重項超伝導の解明。さらにこれらを用いた新デバイス創出なども視野に入れた分野横断的な研究内容となっている。

非相反抵抗およびエッジ電流の検出 予備実験として微細加工したバイロクロア物質



スピントロニクスの技術をトポジカル超伝導研究に応用

図4 FIBにより微細加工した試料とエッジ電流検出の概念図

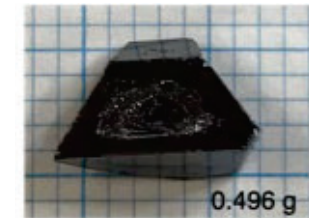


図5 スピ三重項超伝導体 UTe_2 の純良大型単結晶