

原子層近藤格子 YbCu_2/Cu (111) における二次元重い電子状態

Two-dimensional Heavy Fermion in Monoatomic Layer Kondo lattice YbCu_2/Cu (111)

M23海自33

派遣先 固体中の低エネルギー電子ダイナミクス国際会議 (LEES2023)
(オーストリア・ザンクト・ペルテン)

期 間 2023年6月25日～2023年6月30日 (6日間)

申請者 大阪大学 大学院生命機能研究科 助教 中 村 拓 人

海外における研究活動状況

研究目的

固体中の低エネルギー電子ダイナミクス国際会議 (LEES2023) にて研究発表を行い、低次元強相関物性について議論を深めることで研究を進展させることを目的とした。LEESは主に強相関電子系と呼ばれる電子同士の相互作用が本質的に物性を支配する物質群における電子状態や動的応答 (ダイナミクス) に関して、世界中の第一線の研究者が一堂に会して集中的に議論する場であり、申請者が最近発見した新規二次元物質の物性について議論を深め、次世代材料・技術開発につなげることを目指した。

海外における研究活動報告

当国際会議において、申請者は、「Two-dimensional heavy fermion in monoatomic layer Kondo lattice YbCu_2/Cu (111)」というタイトルで発表を行った。量子力学的な多体効果が由来して、固体中の電子の有効質量が自由電子と比べ数千倍にまで増大する重い電子状態 (heavy fermion: HF) は、強相関電子系において最も重点的に研究されているテーマの一つである。同現象は非従来型超伝導や非フェルミ液体といった、量子臨界現象と呼ばれる

多彩な物性発現の鍵となることが知られており、発見から現在に至るまで材料物性の研究者に対して魅力的な研究舞台を提供し続けてきた。他方で近年、グラフェンや遷移金属ダイカルコゲナイドを始めとする様々な単原子層 (monoatomic layer) 物質において、厚さ原子一個の極限的な結晶構造に由来した特異な電子物性が、次世代のエレクトロニクス・スピントロニクス素子開発に向けて、基礎・応用両面において爆発的ペースで研究されている。これら領域の境界となる原子層強相関電子系では、次元性の低下に伴って、量子臨界現象に容易にアクセス可能になること、さらには、グラフェン等で盛んにおこなわれている電界効果トランジスタ (FET) 構造化することで外部からキャリアを注入し、系の物質相の制御を行うことが可能になるなど、三次元バルク物質では行うことが困難であった新たな研究の方向性を強相関電子系に持ち込むことが可能となり、非自明な物質相の開拓に資する。しかし、二次元系の極限物質である単原子層物質における HF はこれまで報告されておらず、そもそも実現可能か、という点を含めて未解明であった。

申請者の研究では、これまで主に三次元 (バルク物質) で研究されてきた重い電子状態を単原子層物質において初めて実現し、同物質

内で単原子層構造に由来した二次元的な重い電子状態 (Two-dimensional heavy fermion: 2DHF) が発現していることを実験的に見出した成果について報告した。タイトルにある YbCu₂ の単原子層構造、申請者らが Cu (111) 単結晶基板を用いた薄膜成長により初めて実現した。固体表面の電子構造を直接観測できる角度分解光電子分光 (ARPES) を放射光施設にて実施しその電子状態を詳細に決定した。その結果、低温において HF が形成していること、加えて、HF を構成する電子状態が二次元的である実験的な証拠が得られ、YbCu₂ 単原子層が確かに 2DHF であることがわかった。

LEES2023 国際会議は、主に強相関電子系と呼ばれる電子同士の相互作用が本質的に物性を支配する物質群における電子状態や動的応答 (ダイナミクス) に関して、世界中の第一線の研究者が一堂に会して集中的に議論する場である。今年度は、原子層物質やトポロジカル物質、非従来型高温超伝導体といった量子材料の基礎物性およびダイナミクスに加えて、光誘起超伝導などの関連分野の最先端の研究が多数報告された。形式はシングルセッションのオーラル発表とポスター発表であり、全参加者がすべての発表を聴講できるもので

あった。申請者の発表は、主に欧米の研究者から多くの質問を受けた。その内訳は銅酸化物高温超伝導体の光学測定を主とする研究者や、同じく放射光 ARPES を利用している研究者らであった。質問者は全員おおむね発表内容を理解していたようであり、研究内容について十分に周知することができたと考えている。質問内容としては試料作製方法や測定放射光施設について、先行研究との比較等があった。さらには、HF について光電子分光とは相補的な情報を得られる THz 領域での光学測定の提案など、今後の研究の方針に関する有益な助言を受けた。今後はより詳細な電子状態解析やその物性操作についての研究を深め、当該分野の発展に寄与したいと考えている。最後に、本研究発表にあたり渡航費・滞在費を支援していただいた公益財団法人村田学術振興財団に深謝申し上げます。

**この派遣の研究成果等を発表した
著書、論文、報告書の書名・講演題目**

Two-dimensional heavy fermion in monoatomic-layer Kondo lattice YbCu₂

T. Nakamura, H. Sugihara, Y. Chen, R. Yukawa, Y. Ohtsubo, K. Tanaka, M. Kitamura, H. Kumigashira, S. Kimura, arXiv: 2306.06984 (2023).