

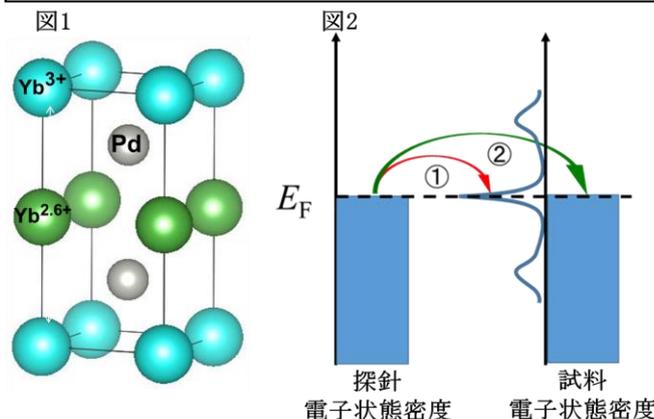
PRESS RELEASE (2019/12/25)

価数秩序物質において初めて近藤効果の直接観測に成功
～希土類化合物が示す多彩な性質の本質解明に期待～

九州大学大学院工学研究院の河江達也准教授、稲垣祐次助教、工学府博士課程3年の志賀雅巨大学院生(日本学術振興会特別研究員)の研究グループは同大学院理学研究院の和田裕文教授、光田暁弘准教授、福岡工業大学の丸山勲准教授らと共同で、価数秩序^{*1}物質で近藤効果^{*2}が出現することを初めて直接観察することに成功しました。

希土類元素はハイブリッド自動車で使われる強力な永久磁石の構成材料になるなど、その化合物が示す多彩な性質は様々な先端科学分野で利用されています。このような希土類化合物の特性は、4f軌道の不対電子が電気伝導を担う伝導電子と量子力学的な相互作用をすることに起因しています。今回注目したYbPd(イッテルビウム・パラジウム)では、Ybの価数が非整数値+2.6価を持つ2次元面が整数値+3価を持つ面と交互に配列するという特異な価数秩序構造が実現することがわかっていました(図1)。しかし、どのような電子状態が出現しているのか不明でした。研究グループは点接合分光法を用いて電子のエネルギー状態を詳細に調べることで(図2)、2種類のファノ共鳴^{*3}信号を観測し各Ybサイトで独立に近藤共鳴状態が出現していることを明らかにしました。この結果は、価数秩序物質においてもf軌道の電子が持つ磁気モーメント^{*4}が伝導電子によって打ち消されることを示しており、希土類化合物が示す多彩な磁気的性質の解明に役立つだけでなく新たな機能性材料の開発につながる成果と期待されます。

本研究は科学研究費(課題番号:25220605, 25287076, 26600102, 19J12194)の支援を受けました。本研究成果は米国物理学会発行の学術誌「Physical Review B」のオンライン版に2019年12月10日(火)付で公開され、その重要性から「Editor's Suggestion(注目論文)」にも選出されています。(DOI:10.1103/PhysRevB.100.245117)



(図1) YbPdの結晶構造の模式図。c軸方向にYb³⁺とYb^{2.6+}が周期的に配置。

(図2) 点接合分光実験における探針から試料への電子トンネルの模式図。①探針→近藤共鳴状態へのトンネルと②探針→伝導電子バンドへのトンネルが干渉することによりファノ共鳴が起こる。YbPdで特徴的に温度変化するファノ信号を検出できたことは近藤共鳴状態が形成されていることを示し、近藤効果が直接観測できたことを意味する。

研究者からひとこと：近藤効果は、最初は希薄金属磁性体で発見されましたが、その後は量子ドット、分子デバイス、強磁性体ナノ接合、四極子モーメント系など様々なところで確認されています。価数秩序物質でも観測できたことは、フェルミ面上の局在モーメントの問題は様々なところに顔を出す普遍的な量子多体問題であることを、改めて認識させられました。

【お問い合わせ】 工学研究院エネルギー量子工学部門 河江達也 准教授、志賀雅巨 大学院生
TEL:092-802-3521 FAX:092-802-3501
Mail: t.kawae.122@m.kyushu-u.ac.jp

【用語解説】

- ※1 価数秩序：同種元素のイオンが価数の異なる状態で空間的に秩序化して規則的に並ぶこと（図1）。
- ※2 近藤効果：磁性不純物が伝導電子と磁氣的に結合し非磁性状態を作る現象で、近藤淳氏により理論的に説明される。低温で近藤効果が発現した際には近藤共鳴と呼ばれる特徴的な電子状態が発現する。
- ※3 ファノ共鳴：単一のエネルギー準位が連続的なエネルギー準位と干渉することによって生じる量子力学的共鳴効果。本研究の場合は、近藤共鳴準位と連続的な伝導電子準位間で干渉が起こり、ファノ共鳴が生じている。
- ※4 磁気モーメント：磁石としての強さと方向を示す量。

【お問合せ先】

<研究に関すること>

九州大学大学院工学研究院 エネルギー量子工学部門 准教授 河江達也、
工学府 博士課程3年 志賀雅亘

TEL: 092-802-3521 FAX: 092-802-3501

Mail: t.kawae.122@m.kyushu-u.ac.jp

福岡工業大学情報工学部 情報システム工学科 准教授 丸山勲

TEL: 092-606-5793 FAX: 092-606-0754

Mail: i-maruyama@fit.ac.jp

<報道に関すること>

九州大学広報室

TEL: 092-802-2130 FAX: 092-802-2139

Mail: koho@jimukyushu-u.ac.jp

福岡工業大学広報課

TEL: 092-606-0607 FAX: 092-606-7357

Mail: kouhou@fit.ac.jp