

ナノ・メゾ系のスピン電荷制御:近藤効果が誘発する電気分極

有意な電気磁気効果を示すマルチフェロイック物質は、スピン電荷制御を利用したエレクトロニクス技術への応用が期待され、新物質探索やその物性研究が活発である。最近、三角形の構造を有するバルクのモット絶縁体で生じる電気磁気効果の新しい機構が提案された。ここでは、スピン状態の変化が電気分極を誘起する可能性が理論的に提示され、それを示唆する実験も報告されている。この誘起電気分極の発現機構には一般性があり、三角形というループ形状が重要である。

一方、メゾスコピック系やナノ物質系の分野では、量子ドットと呼ばれる人工原子を中心とする微細構造形成技術がめざましい進歩を遂げている。最近では、量子ドットを直線上に配置するだけでなく、より複雑な幾何学的構造をもつ多重量子ドット系の創製が可能となり、ドットを介したリード間の電気伝導特性にもさらなる多様性が期待されている。その中でも図1に示すような正三角形形状に配置された三重量子ドットの基底状態は、各ドットに1個の電子が局在するような状況において、4重に縮退しているという特徴をもつ。この縮退は正三角形という幾何学的対称性から生じている。量子ドット構造体を一つの磁性不純物とみなして金属リードを伝導電子系と考えると、このドット・リード接合による近藤効果に起因した、制御可能な新しい物性が期待できる。

静岡大学と愛媛大学の共同研究グループは、人工原子系でのスピン電荷制御の一つとして、近藤効果が生み出す誘起電気分極の新しい機構を提案した。ループを形成する正三角形上の局在スピンの等価性が近藤効果によって失われ、その結果、ループ内に電荷移動が引き起こされる点に、この誘起電気分極機構の本質がある。温度が下がるにつれてリードと接合したドット上のスピン自由度が近藤効果により消失していき、それとともにドット系全体のスピン自由度も消失する。同時に、図2に示すように誘起した電気分極が急激に増大する。誘起電気分極の大きさはドット・リード接合の強さにも依存し、本研究で定量的に検討されている。この成果は、日本物理学会が発行する英文誌 *Journal of the Physical Society of Japan (JPSJ)* の 2012 年 12 月号に掲載された。

1964 年の近藤論文によって電気抵抗極小現象の本質が解明され、同時に電子相関の基本問題とし

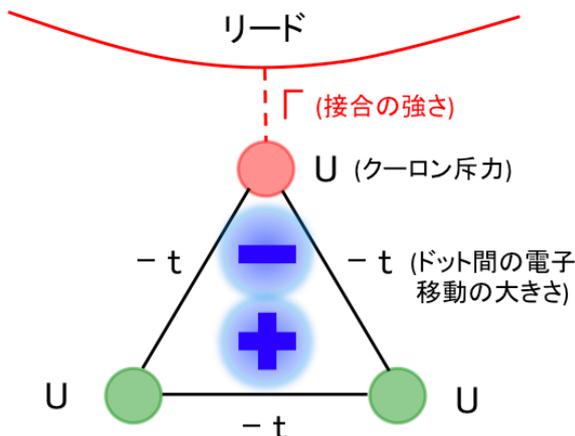


図 1. 近藤効果による誘起電気分極。ドット・リード接合(赤色)が生み出す近藤効果によって、正三角形ドット上の電荷分布に偏極が生じる。

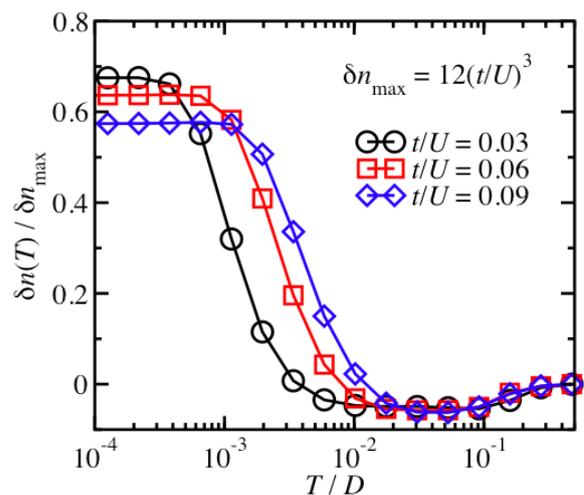


図 2. 誘起電気分極の温度変化。ある温度で電気分極が急激に増大する。電気分極の飽和は電荷移動の大きさ t に強く依存する。

て近藤効果の研究が活発になってから半世紀が過ぎようとしている現在、近藤効果は新技術への応用に積極的に利用される時代が到来したといえる。特に、本研究で提案された量子ドット構造体に誘起される電気分極は、ドット上のスピン制御と直接に連動しており、マルチフェロイックという新しい視点をナノテクノロジーに導入する点で、今後の研究に新展開をもたらすであろう。

原論文

Emergent Electric Polarization by Kondo Effect in a Triangular Triple Quantum Dot

[Mikito Koga, Masashige Matsumoto, and Hiroaki Kusunose: J. Phys. Soc. Jpn. **81** \(2012\) 123703](#)

情報提供

古賀 幹人 (静岡大学教育学部)

松本 正茂 (静岡大学理学部)

楠瀬 博明 (愛媛大学理工学研究科)