

X線磁気光学効果の研究

- XMCDとXMCPEを例として -

日時：5月27日(火) 16:30-17:30

場所：研究棟739号室

野村拓司 先生

(量子科学技術研究開発機構)

SPring-8やNanoTerasuに代表される放射光施設では、放射光X線を用いた固体電子物性の研究が盛んに実施されている。そこでは放射光X線による固体電子の励起あるいは緩和に伴うX線の吸収あるいは放出強度のスペクトルを測定するのであるが、特に物質の磁性状態がスペクトルに反映される現象をX線磁気光学効果という。一言でX線磁気光学効果といっても、すでに今日、様々な種類のものが存在する。最も伝統的なものは、左右円偏極X線に対して内殻X線吸収スペクトル(XAS)に差が生じるX線磁気円二色性(XMCD)で、磁性物質の解析に広く用いられてきた。一方対照的に比較的最近SPring-8で初めて確認されたものとして、X線磁気円偏光発光(XMCPE)という新しい磁気光学効果がある[1]。これは、電子が内殻軌道間を遷移する際に放出される特性X線が強磁性体では円偏極する現象である。強磁性鉄の $K\alpha$ 線が実は円偏極しているという事実が確認されたのが最近であるとは意外かもしれない。

本講演では、上に挙げた伝統的なXMCDと新しいXMCPEを対象にして、これらの磁気光学効果を扱う理論を解説する。固体におけるX線分光現象を扱う理論は様々提出されているが、それぞれに利点と欠点がある。講演者たちが開発してきた理論として、第一原理計算に基づいて求めた電子状態に対して、励起過程における電子の多体効果をKeldysh形式(非平衡系の場の量子論)で取り入れることでスペクトルを計算する方法についてお話しする。XMCDの部分では、一般論の説明から始めて、代表的なハーフメタリック強磁性体である CrO_2 のCr-L吸収端におけるXMCDの計算結果を説明し、実験結果および従来の理論計算と比較する[2]。いわゆるXMCD和則の有効性についても言及する。XMCPEの部分では、まず鉄に対して行われた実験について説明し、それを取り扱う一般理論を解説し、実際のスペクトル形状を解析する[3]。最後に、X線磁気光学理論の今後の展望をお話しする。

[1] T. Inami, Phys. Rev. Lett. 119, 137203 (2017).

[2] T. Ae and T. Nomura, Phys. Rev. B 109, 184414 (2024).

[3] A. Koide, T. Nomura and T. Inami, Phys. Rev. B 102, 224425 (2020); 野村拓司、小出明広、小林弘樹、稲見俊哉、日本放射光学会誌「放射光」第35巻4号、pp. 229-237、2022年; H. Kobayashi and T. Nomura, submitted to J. Phys. Conf. Proc. (for ICM2024).