

量子ビームの協奏的利用による構造物性研究

– 軌道自由度を中心として –

Materials Structure Science

by Concerted Use of Quantum Beams

– Focusing on Orbital Degrees of Freedom –

村上 洋一^{1,2}

1 KEK・物質構造科学研究所・量子ビーム連携研究センター

2 東京工業大学・元素戦略研究センター

構造物性研究とは、物質構造（結晶構造と電子構造）を精密に決定することにより、物質に創発した興味深い物性の発現機構を解明する研究である。量子ビームは、物質構造の精密測定において大きな威力を発揮する。しかし、単独の量子ビームを利用するだけでは、物質構造の一面しか捉えることができない。複数の量子ビームを用いた様々な測定結果を考え合わせることによって、初めて物質構造の全体像を捉えることができる。また、量子ビームを単に相補的に利用するだけでなく、それらを協奏的に利用することによって、物性発現機構の解明にむけて相乗効果を生むことができる。本講演のはじめに、この協奏的利用について私見を述べたい。

物性発現の起源として重要な役割を担うのは、原子の最も外側の軌道にいる電子である。その電子がどのような軌道状態を取るのかという自由度（軌道自由度）は、系の伝導、磁性、誘電性、超伝導など様々な物理現象を支配している。本講演の主要部では、我々がこれまで関わってきた軌道自由度を中心とした構造物性研究とその量子ビーム利用について紹介する。

まず、量子ビームを用いてどのように軌道秩序状態が観測されるのか、共鳴X線散乱を中心とした手法開発について述べる。そして、この手法を用いて決定した様々な遷移金属酸化物の軌道秩序およびその励起構造を示し、これらの系の物性発現機構における軌道自由度の役割を明らかにする。

次に、元素戦略電子材料研究の一環として行った、鉄系超伝導体とエレクトライド（電子化物）の研究を紹介する。鉄系超伝導体においては、その超伝導発現機構において軌道揺らぎの重要性が議論されてきた。ここでは、 $\text{LaFeAsO}_{1-x}\text{H}_x$ 系の高い電子ドープ領域における磁性と超伝導現象を、軌道自由度の観点から議論する。一方、エレクトライド中の電子の軌道状態は、系の物性において決定的に重要であるが、まだ十分に理解が進んでいない。 Y_2C に関する最近の研究を紹介して、本研究の面白さを伝えたい。

最後に、軌道自由度が重要な役割を果たす物理学（軌道物理学）の最近の発展を紹介し、量子ビーム利用の新しい可能性を考えたい。量子ビームを用いた今後の構造物性研究に対する期待も併せて述べたいと思う。