

現代の物性物理学において、スピン・軌道相互作用 (SOI) が研究の舞台の主役に躍り出ている。SOIは電子の軌道角運動量とスピン角運動量が互いの向きを固定しようとする相互作用であり、相対論的な起源をもつ。軌道角運動量が文字どおり電子の軌道運動 (電流) に由来するのに対し、スピンは電子固有の属性である。スピンを生かすことは、電子の個性を最大限に引き出すことにつながる。しかしスピンは、直感ではとらえがたい厄介な代物である。我々のすむ3次元空間中の回転を2周しないともたに戻らない、スピノルという種族である。SOIの真価は、この厄介なスピンのすむ空間と我々のすむ空間をミクロな世界でつなぐ、唯一の通信手段だということにある。これを活用すれば、実験室、つまり我々の空間の手 (探針) で磁場を用いることなく、スピンの向きを制御することができる。

スピンの立場から見ると、SOIは結晶やポテンシャル勾配の向きに依存する磁場として作用する。その結果、電子の軌道運動とスピンの結合する。結晶中を遍歴する電子の運動量とスピンの結合するラシュバ効果は、その顕著な例である。こうして、外部磁場を使わずにスピンの流れを制御することができる。この発想が、時間反転を破らず、か

つスピンに依存した伝導性を実現しようという発想につながった。現在活発に研究が行われているスピンホール効果やトポロジカル絶縁体は、この着想から生まれ出たものである。

空間対称性とSOIの関係も重要だ。物質を構成する原子の並び方、つまり空間対称性は、電子の軌道波動関数の分布を直接支配する。このため、スピンはSOIを通して空間の対称性を見ることができる。結晶の表面や界面といった対称性の低い環境を準備し、SOIを通じてスピんに作用する磁場の効果 (磁気異方性) をそろえ、電気伝導を制御しようという問題も目下の重要課題である。

SOIはまた、スピン間の相互作用にも本質的な影響をおよぼす。反転対称性をもたない結晶中では、SOIによって結晶格子上の隣接するスピンを直角に開かせようとする相互作用 (ジャロシンスキー・守谷相互作用) が生じる。結晶の形がスピンの配列に影響するのだ。この相互作用はスピンのらせん配列やトポロジカルな欠陥構造を生み、物質に新しい機能を付与する。原子の内部から解放されるとき、SOIは豊かな物質世界を創造するのである。