

最近、物質科学で興味をもたれる物質群は、金属と絶縁体の区別が曖昧なものが多い。電子がいっぱいいるのに、ほとんど動けなくなるのだ。

これが、高温超伝導や超巨大磁気抵抗(磁場をかけると電気抵抗が急に減る現象)を生みだす強相関電子物質である。

[本文へ続く](#)

「金属はなぜ、ピカピカと光って、触るとひんやりするのか、知ってますか？」
本郷キャンパスに進学してきた学部三年生相手の「固体物は

皺一鐸し
子挟傲襦 醜
中栗栗子
登電

が、互いにクーロン力によって互いの運動を強く抑制している状態を指す。したがって、電子はほとんど各原子サイトにどまりかけており、ちょうど、通常の原子分子が液体や固体や液晶の状態をとると同様に、電子液体(金属状態)や電子結晶(絶縁体状態)や電子液晶の形態をとる。原子サイトにほとんど束縛された電子は、「粒子」の性格を色濃くもつが、そこには、磁性の源となるスピン(電子の自転運動)と電子の確率分布を表す「軌道」の内部自由度がある。「電子結晶」の状態において、このような内部自由度をもつ強相関電子が、種々の幾何学的形態をもつ原子格子上に配列すると、ナノスケールの周期構造をもつ多彩な秩序状態が出現するのである。(図1)

これらの電子の秩序状態はそれほど堅牢なものではなく、外部からの刺激によ

つて、原子の並ぶ格子構造はそのまゝである。電子の結晶だけを融解することが可能である。融解した電子集団は、再び、量子力学的な波動の性格を示し始める。高温超伝導は、銅酸素の二層元格子面で、電子数のちよつとした変化で、電子集団が粒子的な局在(結晶または兼備う状態から波動的な非局在状態(金属)に移った瞬間に起こる現象と信じられている。一方、マンガン酸化物では、図2に示すように、電子が結晶化していた絶縁体(高抵抗状態)が、外部からの磁場や電場や光の照射などの刺激によって、電子結晶が融解を起こし、金属状態へと変化する。このような電子集団の相を切り替えることによつて得られる応答は、劇的かつ巨大であり、またそ

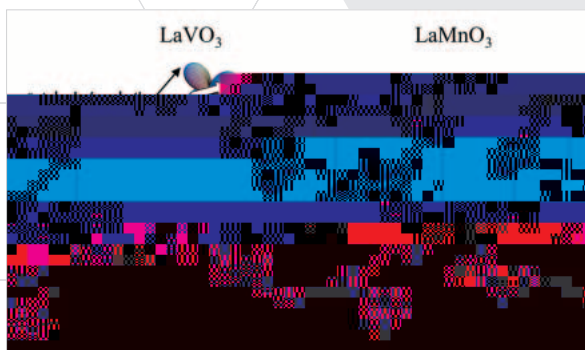


図1 スピンと軌道の秩序。ペロブスカイトと呼ばれる構造をもつバナジウム酸化物(LaVO₃)およびマンガン酸化物(LaMnO₃)に見られる例。0.4ナノメートル間隔の原子(VまたはMn)の立方格子上に、2種類の電子雲(電子軌道)を持つ電子が交互に占め、そのパターンに応じてスピン(矢印)の配列が決まる。

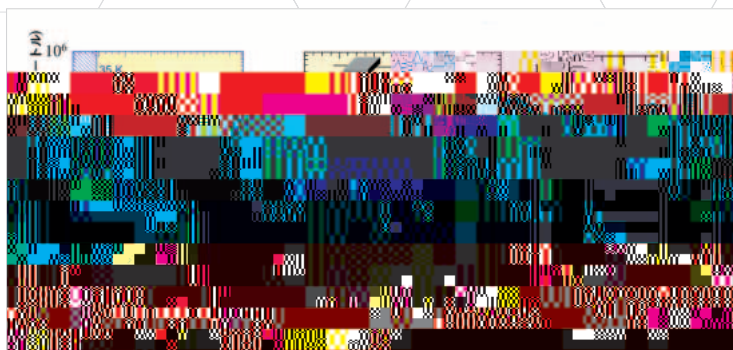


図2 ペロブスカイト構造をもつマンガン酸化物結晶における電子相制御の例。「結晶化」した電子が磁場や電場や光照射によって融解して、絶縁体(高抵抗)が金属(低抵抗)に変化する。右図中の写真では、丸で囲ったレーザー照射位置で電流が流れて金属化した部分が白くみえている。

