

第32回（平成26年度）大阪科学賞受賞者の横顔

安藤 陽一（あんどう よういち）（50歳）

現職：大阪大学産業科学研究所 教授

○ http://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/fmc/ando_j.html

略歴： 昭和62年3月 東京大学理学部物理学科卒業
平成元年3月 東京大学大学院理学系研究科修士課程修了
平成元年4月～平成19年3月 (財)電力中央研究所 研究職
この間、平成3年4月～平成6年3月

(財)国際超電導産業技術研究センター超電導工学研究所へ出向

平成6年2月 東京大学より博士（理学）の学位取得

平成6年10月～平成8年10月 米国AT&Tベル研究所 客員研究員

平成11年5月 (財)電力中央研究所 上席研究員

平成16年4月 同 材料科学研究所材料物性・創製領域リーダー

平成19年4月～現在 大阪大学産業科学研究所 教授



研究業績：トポロジカル絶縁体・超伝導体の先駆的研究

数年前にトポロジカル絶縁体という新しいカテゴリーの物質が発見され、物理学の分野で大きな注目を集めています。これは中身（バルク）は絶縁体なのに、切った表面が必ず金属になるという奇妙な物質で、様々な情報処理デバイスへの応用が期待されています。さらに最近、トポロジカル絶縁体の発見に触発されてトポロジカル超伝導体の存在も予想され、その表面に現れるマヨラナ粒子という新奇な準粒子を利用する量子コンピュータの可能性が注目されています。これら応用への展望に富んだトポロジカル物質の開発と物性解明をめぐる、いま世界的に激しい研究競争が繰り広げられています。

しかし当初発見されたトポロジカル絶縁体はバルクが本当の絶縁体になっておらず、電気を流すと表面よりも中の方に流れてしまうという欠点を持っており、その特長を調べるのが困難でした。受賞者は世界に先駆けてバルク絶縁性の高いトポロジカル絶縁体物質を開発し、マイルストーンとなる「表面支配伝導」を初めて実現しました。また受賞者は「トポロジカル結晶絶縁体」という新しい種類のトポロジカル絶縁体の存在を初めて実証し、トポロジカル物質の概念を大きく広げることに貢献しました。さらに受賞者は、トポロジカル絶縁体由来の超伝導体 $\text{Cu}_x\text{Bi}_2\text{Se}_3$ の表面に新奇なマヨラナ粒子が現れている可能性を示す証拠を初めて捉え、トポロジカル超伝導体の研究を大きく進展させるきっかけを作りました。これらの成果は、世界的に大きな注目を集めているホットな研究分野で日本を最先端国の一つに押し上げる効果をもたらし、将来的にはトポロジカル物質の応用を通して情報処理技術の革新に貢献することが期待されます。

用語集

トポロジカル絶縁体：

その内部電子状態を量子力学的に記述する波動関数が持つトポロジカルな性質のために、表面に伝導状態が自然に現れる絶縁体。具体的には「時間反転対称性」という性質で規定されるトポロジが表面伝導状態を保証する。その表面状態中の電子は、スピンの向きが運動量の方向と常に直交する「ヘリカルスピン偏極」という特殊な性質を持つ。

トポロジカル超伝導体：

超伝導体の内部電子状態は「超伝導ギャップ」と呼ばれるエネルギーギャップを持つが、トポロジカル超伝導体においては、そのギャップで守られた内部電子状態を記述する波動関数が持つトポロジカルな性質のために、表面にギャップを持たない準粒子状態が現れる。

準粒子：

絶対零度の固体中では電子が一番エネルギーの低い「基底状態」に落ち込んでいるが、有限温度では熱エネルギーによってエネルギーの高い状態に励起される。この時、励起された電子の振舞いは固体中の状況によって規定され、真空中の電子とは異なるので、これを「準粒子」と呼んで区別する。

マヨラナ粒子：

粒子がそれ自身の反粒子でもあるという特殊な粒子。もともとは素粒子のニュートリノに対して提唱された概念だが、トポロジカル超伝導体中の準粒子がマヨラナ粒子として振舞う可能性のあることが2000年に理論的に提唱され、物理学者の間で大きな関心を集めている。

量子コンピュータ：

量子力学的に独立な2つの状態が同じエネルギーにあることを「縮退」というが、量子コンピュータは、縮退した状態の重ね合わせを用いて、通常のコンピュータで行うと膨大な時間がかかる演算を一瞬で行ってしまう。現在研究が進められている量子コンピュータ用の量子状態はノイズなどの擾乱ですぐに壊れてしまうのが問題だが、マヨラナ粒子を用いると簡単には壊すことができない量子状態を実現でき、量子コンピュータの実現可能性が一気に高まると期待されている。

表面支配伝導：

表面の伝導チャンネルを流れる電気伝導度が、それをショートしているバルク伝導チャンネルを流れる電気伝導度を上回った状態のこと。このとき、試料を流れる電流の半分以上が表面を流れることになる。

トポロジカル結晶絶縁体：

これまでのトポロジカル絶縁体が「時間反転対称性」に基づくトポロジで守られているのに対して、結晶が持つ対称性（例えば鏡映対称性）に基づく新規なトポロジで守られた表面伝導状態をもつ絶縁体。これまでのトポロジカル絶縁体よりも表面状態を制御する自由度が大きく、よりデバイス応用に向いていると考えられている。