

「2次元超伝導体を用いた革新的スピントロニクスデバイスの創製」

大阪大学大学院理学研究科

准教授 新見 康洋

本研究課題では、2000年代に入って世界的に急進展しているスピントロニクスと、1900年代初頭に発見されて以来、今なお物性研究の一翼を担っている超伝導を組み合わせた「超伝導スピントロニクス」という新しい研究分野を切り拓く。一般に、磁性と超伝導は互いに相容れない特性をもつ。しかし近年の微細加工技術の発展に伴って、磁性体と超伝導体をナノメートルスケールで組み合わせたデバイスが作製できるようになってきた。このような強磁性体／超伝導体ハイブリッド素子を用いれば、スピントロニクス研究で重要なスピン流（スピン角運動量の流れ）を超伝導体中に注入できる。実際に筆者はこれまで、スピン緩和時間が超伝導体中で増大することや、スピン流を電気信号に変換できるスピンホール効果が1000倍以上に増強することを明らかにしてきた。一方で、超伝導を用いた応用を見据えると、低温でしか実現しないという弱点もある。

そこでこの研究課題では、より利用しやすい超伝導スピントロニクスデバイスを目指して、2次元原子層超伝導体を用いる。絶縁体を介して2次元原子層超伝導体に電界を印加することで、通常10 K以下でしか実現しない超伝導転移温度を、10倍以上大きくできるだけでなく、さらなる信号の増大も期待できる。また、スピン流を減衰なく遠くまで伝搬できるグラフェン（単層のグラファイト）や、磁性を持った原子層物質などを組み合わせた、原子層スピントロニクスデバイスを創製でき、エレクトロニクス分野に新しい流れを吹き込むことができる。具体的には下記の3つの研究を遂行する。

- ① 層状超伝導体 NbSe_2 を薄膜化して、2次元超伝導巨大スピンホール効果を観測する。
 - ② 電界効果で大きく T_c を変調できる鉄系超伝導体 FeSe を用いて同様の測定を行う。
 - ③ グラフェンや磁性原子層物質を組み合わせて「超高感度磁気センサ」を開発する。
- このうち本研究助成では主に、「2次元原子層超伝導体を用いたスピンホール素子の作製（①及び②）」という研究構想の土台となることをやらせて頂く。

【将来実用化が期待される分野】

③まで達成されれば、超高感度磁気センサの実現に大きく貢献できる。現在主に使われている磁気センサとして、超伝導量子干渉デバイス（SQUID）や核磁気共鳴画像法（MRI）などが挙げられるが、本研究課題で開発されるデバイスの原理を用いれば、SQUID よりもはるかに高感度に磁気を捉えることができる。例えばこれを利用して、脳の神経活動によって生じる微弱な磁気を読み取る脳磁計の高性能化が見込める。