

(1) 強磁性超伝導体における有効交換相互作用 と表面および薄膜の特性

東北大金研 小谷章雄

磁性超伝導体の発見は、磁気長距離秩序に対する超伝導の影響の研究を可能にした点で最も意義深い。強磁性超伝導体においては、スピン間相互作用が電磁相互作用を通じて超伝導電流による遮蔽を受ける効果が特に重要である。そのため、超伝導状態におけるスピン間有効交換相互作用は、London の磁束浸入度 λ_L よりも長波長の成分が抑えられ、したがってバルク系では強磁性と超伝導の共存が妨げられ、有限の波長をもったスピンスパイラル秩序が発生する。この機構は ErRh_4B_4 および HoMo_6S_8 において観測されている常磁性常伝導相 → 常磁性超伝導相 → スピンスパイラル超伝導相 → 強磁性常伝導相の各相の出現をよく説明する。

一方、強磁性超伝導体の表面近傍においては、遮蔽電流が表面の影響を微妙に受けるため、表面からの距離に依存した表面特有の有効交換相互作用が期待される。表面から λ_L 以内の距離にあるスピンに対しては、遮蔽電流が表面の存在によって部分的に妨げられるため遮蔽効果が弱められ、特に表面の極く近傍では、超伝導状態であるにもかかわらず、遮蔽効果を受ける前の強磁性相互作用が回復する。このことは表面近傍においては、バルクと異った磁気秩序の発生が可能であることを示唆する。

ここでは、まず半無限大の強磁性超伝導体について、表面の影響を考慮した超伝導電流の表式を用いて Maxwell 方程式を解き、有効交換相互作用の具体的表式を導いた。次にそれを基にして、表面ではバルクにスピンスパイラル秩序が生じるよりも高温 (T_s) で自発表面磁化が発生することを示した。また、 T_s より高温側で表面に印加した外部磁場の超伝導体内への侵入の様子をしらべ、非磁性超伝導体の場合と異って、磁場が振動減衰を示すこと等の異常を指摘した。このような有効交換相互作用における表面の影響は、磁性超伝導体薄膜において最も顕著に反映される筈で、 λ_L 程度の厚さの薄膜においては、バルクでは排他的であった強磁性と超伝導の共存が可能になる筈であることを指摘した。

この研究は、小山富男、高橋三郎、田口孝雄の諸氏と共に進めているもので、 T_s 以下の自発表面磁化の振舞と、バルクのスピンスパイラル秩序とのつながりについて小山氏がコメントを行った。また、薄膜における磁気秩序の詳細については高橋氏が研究発表した(次項参照)。今後、これらの理論が実験的に検証されることを期待したい。