

傾角反強磁性相におけるスピンジョセフソン超電流

濱 祐介^{1,2}, George Tsitsishvili³, 江澤潤一²

¹東京大学大学院理学系研究科物理学専攻

²理化学研究所仁科加速器研究センター

³Department of Physics, Tbilisi State University,

二層量子ホール系において電子はスピン・層（擬スピン）の4自由度を持ち、それらの競合によってスピンコヒーレンスや層間コヒーレンスといった豊富な物理現象が生じる。例えばランダウ準位占有率 $\nu=1$ の二層量子ホール系の場合、ゼロトンネルギャップ極限において、線形分散を持つ擬スピン波としてのゴールドストーンモードによる、位相（層間）コヒーレンス及びそれに伴う面内ジョセフソン超電流が生じ、それがホール抵抗に異常な振る舞い（縦抵抗のみならずホール抵抗も消失する等）をもたらす[1, 2]。一方 $\nu=2$ の二層量子ホール系の場合、基底状態の構造は、ゼーマンギャップとトンネルギャップの相対強度によって、スピン3重項相、スピン1重項相、および傾角反強磁性相の3相を成す。傾角反強磁性相はスピンのコヒーレントに傾いており、二層間で反強磁性的相関をもつ相で、まさにスピン・擬スピンの結合によって生じる新奇な層である[3]。

$\nu=2$ におけるゴールドストーンモードスペクトルの解析はこれまで十分になされておらず、そこで本研究では、SU(4)低エネルギー有効理論に基づき、その詳細な解析を行った。その結果 $\nu=1$ の場合のように、ゼロトンネルギャップ極限下の傾角反強磁性相においても、線形分散を持つゴールドストーンモード粒子が出現することがわかった。更に上の線形分散を持つゴールドストーンモード粒子によってスピン・擬スピンが絡み合った位相コヒーレンス及び、カウンターフロー実験（それぞれの層において同じ大きさの電流を反対方向に流す）とドラッグ実験（片方の層にのみ電流を流す）の、それぞれの条件下における面内ジョセフソン超電流のホール抵抗への影響を調べた。特にカウンターフロー実験において、二層量子ホール系に流れる全電流は、スピン自由度のみをもつ非散逸電流、スピンジョセフソン超電流が生じることがわかった(図1)。

これらはいずれも二層の電荷密度が不均一な状況下において生じる現象である。

<参考文献>

- [1] M. Kellogg *et al.*, Phys. Rev. Lett. **88**, 126804 (2002); M. Kellogg *et al.*, Phys. Rev. Lett. **93**, 036801 (2004).
- [2] Z. F. Ezawa *et al.*, Phys. Rev. B **76**, 045307 (2007); Z. F. Ezawa *et al.*, Eur. Phys. J. B (2012) **85**, 270.
- [3] S. Das Sarma *et al.*, Phys. Rev. Lett. **79**, 917 (1997).
- [4] Y. Hama *et al.*, Eur. Phys. J. B **85**, 368 (2012).
- [5] Yusuke Hama *et al.*, Phys. Rev. B **87**, 104516 (2013); Prog. Theor. Exp. Phys, 053I01 (2013).

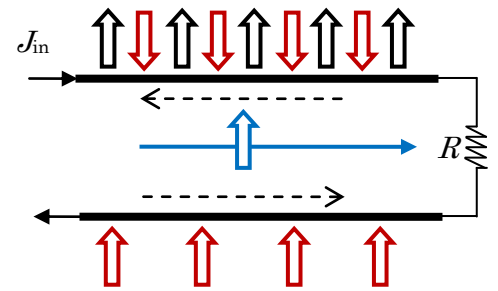


図 1: スピンジョセフソン超電流