

はじめに

田仲 由喜夫

名古屋大学大学院工学研究科

この研究会では、不均一な超伝導、超流動における量子現象の研究の現状を様々な専門の研究者に講演していただき、凝縮系物理、低温物理の新しい方向性を見出したいと考えている。空間的に不均一さを持つ系における超流動体/超伝導体が示す物理現象には極めて興味深いものが多い。例えば量子磁束やその周りの準粒子状態、超伝導体の界面、FFLO 状態、エアロジェル中のヘリウムの状態、超伝導体や超流動体表面の状態、あるいは超伝導近接効果などである。特に異方的な対称性をもつ超伝導体において、これら不均一系の量子状態は超伝導の対称性を色濃く反映した多彩な性質を持つことが知られており、バルクの系では期待されないユニークな量子効果が存在することが期待される。

研究会では、超伝導接合におけるアンドレーエフ反射、量子ドットの接合、超伝導ネットワーク、強磁性接合、磁束芯の物理、グラフェン接合、非平衡現象といったナノスケール超伝導の進展が取り上げられる。ナノテクノロジーの進展で、実験が可能となった、従来型 BCS 超伝導体の不均一系における研究の最前線が紹介される。

異方的超伝導の研究は、強相関電子系の物理として進展が著しい分野である。こうした系で、従来存在しなかった対称性を持つクーパ対を見出すことは重要な問題である。空間的に超伝導ギャップが振動する FFLO 状態、あるいは空間反転対称性の破れた系、新奇な秩序と超伝導対称性といった問題を取り上げて、新奇な超伝導の物理の最前線が紹介される。FFLO 状態は、外場により制御される不均一超伝導系として興味ある系である。

異方的超伝導体の界面、磁束では超伝導の内部自由度のために多彩な量子効果が期待される。例えば Edge 状態（アンドレーエフ束縛状態）がその 1 例である。Edge 状態の存在はトンネル効果の実験でゼロ電圧ピークとして広く銅酸化物超伝導体などで観測された。こうした物理はヘリウム 3 と密接な関係がある。アンドレーエフ束縛状態は最近ヘリウム 3 においても観測されている。不均一超流動ヘリウム 3 の物理はスピン 3 重項超伝導と共通項も多く、不純物中のヘリウム 3 超流動は最近関心の集まっているトピックである。またナノスケール異方的超伝導は新しい方向性と思われる。

異方的超伝導体表面で期待されるエッジ状態は、数学的にみたときにトポロジカルに重要な意味がある。空間反転対称性の破れた超伝導体、カイラル超伝導体のエッジ状態と量子ホール系、スピン量子ホール系の類似点は Qi[1]らにより最近議論されている。研究会最終日でこうした数理的側面の講演が行われる。

最後に、新しい方向性としてアルカリ原子気体における研究の最前線が紹介される。特に不均一 BEC 系、スピントクスチャー、p 波超流動系といった話題が紹介される。また最近不均一超伝導系で注目され始めた[1]奇周波数超伝導状態についても、強相関電子系の観点から検討される。

[1]X.L. Qi et al, arXiv:0803.3614.

[2]Y. Tanaka, et al.Phys. Rev. Lett. 99 037005 (2007), Y. Tanaka and A. Golubov, Phys. Rev. Lett. 98 037003 (2007).