

重い電子系超伝導体URu₂Si₂における隠れた秩序と超伝導対称性

京都大学大学院理学研究科 芝内孝禎

重い電子系の超伝導体であるURu₂Si₂は、17.5 Kにおいて「隠れた秩序」とよばれる、その秩序の正体がいまだに明らかになっていない相に転移することで大きな注目を集めてきた。我々はこの隠れた秩序下でおこる超伝導状態が、非常に特異な性質を示すことを最近、磁場中熱・電気輸送特性測定から明らかにしたのでご紹介したい[1, 2]。まず、残留抵抗比が 670 にも達する超純良単結晶試料が最近得られ、極低温で 10 T で 300 を超える巨大な磁気抵抗を示すことがわかった。この結果から、隠れた秩序下では、電子状態が 2 バンドで非常に少数キャリアの補償半金属的であることが結論できる。また、熱伝導度の磁場依存性から、通常は 2 次の相転移である上部臨界磁場が低温で 1 次転移的に振舞い、超伝導状態の方が常伝導状態に比べ熱伝導度が高いという他の超伝導体では見られたことのない新奇な現象を見出した。さらに、熱伝導度の磁場依存性が特異な異方性を示すことから、有効質量の比較的軽いホールバンドは球形に近く超伝導ギャップに線状の節（ラインノード）が存在し、重い電子バンドは異方的でギャップに点状のゼロ点（ポイントノード）が存在することを明らかにし、図 1 に示すようなカイラル *d* 波の超伝導対称性を提唱した。

また、磁場中電気抵抗率の温度依存性は平均場の超伝導転移温度 T_c では何の異常も示さず、 T_c より低い温度 T_m で鋭い変化を示してゼロになる振る舞いを示すことがわかった。この振る舞いは、高温超伝導体の渦糸格子融解転移と非常に類似しており、重い電子系で初めての結果である。URu₂Si₂ では、キャリア数が少ないことと有効質量が重いことから、磁場侵入長が非常に長いため、 T_c が 1.5 K と低いにもかかわらず揺らぎを特徴付けるギンツブルグ数が高温超伝導体並みに大きくなることが期待されるために、極低温での渦糸格子融解転移が観測できたものと考えられる。

これらの結果から、この系の超伝導状態は非常に特異的であり、異方的超伝導研究に新たな 1 ページを加え、非常に興味深い舞台を提供するものと期待できる。

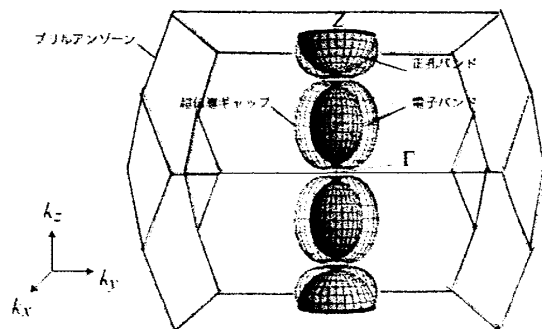


図 1: 磁場中熱・電気輸送特性から示唆される超伝導ギャップ構造の概略図。等方的な有効質量の軽いホールバンドと異方的な重い電子バンドの 2 種類があり、それぞれのキャリア数は同じである。ホールバンドには水平ラインノードが、電子バンドには k_z 方向にポイントノードが存在する。

[1] Y. Kasahara *et al.*, Phys. Rev. Lett. 99, 116402 (2007); 笠原裕一, 宍戸寛明, 芝内孝禎, 松田祐司, 「隠れた秩序下で起こる重い電子の奇妙な超伝導」, 日本物理学会誌 63, 446 (2008). [2] R. Okazaki *et al.*, Phys. Rev. Lett. 100, 037004 (2008).