

スクッテルダイト $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ の超伝導対称性

東大物性研 御領 潤*

最近スクッテルダイト $\text{PrOs}_4\text{Sb}_{12}$ における超伝導が比熱測定から発見された ($T_c=1.85\text{K}$)[1]。さらに試料の純度を上げて行われた比熱の実験[2]と熱伝導率の磁場方向依存性の実験[3]から、この物質の超伝導状態は高温高磁場側と低温低磁場側で二つの相に分かれていると考えられる。熱伝導率の実験からはギャップ関数の構造に関する情報が得られる。それによると ab 面内において、高温高磁場相 (A相) のギャップ関数はフェルミ面上の[100]方向と[010]方向にポイント・ノード的な構造(くぼみ構造)をもち、低温低磁場相 (B相) では[010]方向にくぼみ構造を持つことが明らかにされた。これらのくぼみがポイント・ノードからなるものなのか、微小なギャップが存在するかまたは各方向に局所化された円形状のライン・ノードが存在するかは現段階では特定されず、より低温の実験が待たれる。また、 c -軸方向にそったギャップ構造はこの実験から特定することは不可能である。よってギャップ関数の可能性として、A相では[100][010][001]方向に6つくぼみをもった状態あるいは[100][010]方向に4つくぼみを持った状態、またB相では[010][001]方向に4つくぼみを持った状態あるいは[010]方向だけに2つくぼみを持った状態が考えられる。

そこで今回の議論では、群論的な手法をもちいて c -軸方向を含んだギャップ構造に関する考察を行った。結晶の対称性が T_h であることを考慮し、その既約表現 A_{1g} , E_g および T_g の基底関数の線形結合でギャップ関数を表す。その結果、4つのくぼみを持つ状態は特殊な関数形をもつ基底関数を複数仮定しまたそれらをさらに特別な重みで重ね合わせるということをしなければ得られない[4]。それに対し6つのくぼみを作るには強い異方性をもった s -波状態 (A_{1g} 表現の基底関数) を仮定することにより得られ、また2つのくぼみを持った状態はこの異方的 s -波状態に $d(x^2 - y^2)$ -波状態 (E_g 表現の2つの基底関数のうちのひとつ) を位相因子 $\exp[i 2 \pi]$ をかけて重ね合わせること (異方的 $s + id$ -波状態) により得られる。このとき、重ね合わせの振幅および E_g 表現の基底関数の形に関してはなんら特別な制限は必要ない。また、6つおよび2つのくぼみを持った状態は $A_{1g} + E_g$ 表現に対するギンツブルグ・ランダウ理論の安定な解として存在することが示され、同時にゼロ磁場中の相転移を容易に説明することができる。しかし4つのくぼみを持った状態は安定な解として得られないことがしめされる[5]。

- [1]E.D.Bauer .et.al.PRB **65** R100506 (2002).
- [2]R.Vollmer et.al. cond-mat/0207225.
- [3]K.Izawa,et.al.cond-mat/0209553
- [4]K.Maki, et.al. (近日中に cond-mat に掲載予定)
- [5]J.Goryo (近日中に cond-mat に掲載予定)
- (*) (現 ; マックス・プランク研究所(ドレスデン))