

最近、価数揺動状態の研究を通して、RB₆ (R=希土類イオン) に多くの興味が集まっている。Rをいくつかの非磁性イオンに置き換えることにより、超伝導状態が出現する¹⁾。その中でもYB₆は比較的高い超伝導転移温度 ($T_c = 7.8\text{ K}$) を持つ。従って、YB₆の超伝導の性質を利用してCeやSmイオンの示す価数揺動状態の新しい研究が可能であろう。

当研究会で報告されるように、門脇達²⁾はYB₆の上部臨界磁場 (H_{c2}) に大きな異方性を観測した: YB₆はcubicな結晶であるにもかかわらず、磁場が[100]方向にかけられた時、絶対零度 ($T = 0\text{ K}$) での H_{c2} は約5.2 kOeであり、磁場が[111]方向に加えられた時に比べ約20%も大きい。最もよく調べられているcubicな超伝導体であるpure Nbでも H_{c2} の異方性は約10%であり、また異方性の符号はYB₆と逆である。我々はこのYB₆の示す H_{c2} の異方性について、理論的な考察を行なっている。

Hohenberg-Werthamer³⁾はcubicな物質の H_{c2} の異方性がフェルミ面の異方性に基づく事を導いた。特に、dirtyな物質では結晶軸に対して磁場の方向余弦を α 、 β 、 γ と置く時、 H_{c2} は次の様に与えられる;

$$[H_{c2}(\alpha, \beta, \gamma) - \overline{H_{c2}}] / \overline{H_{c2}} = (9/4) A (\alpha^2 \beta^2 + \beta^2 \gamma^2 + \gamma^2 \alpha^2 - 1/5) \times G(\lambda, t),$$

ここで、 $\overline{H_{c2}}$ は H_{c2} の平均値、 $G(\lambda, t)$ は温度 $t = T/T_c$ と電子の緩和時間 $\tau = 1/2\pi\lambda T_c$ のある関数である。またAは次の様に与えられる;

$$A = (\langle v^4 \rangle - 5 \langle v_x^4 \rangle) / \langle v^4 \rangle$$

ここで、 $\langle v^4 \rangle$ 及び $\langle v_x^4 \rangle$ は各々電子のフェルミ速度及びその結晶軸の方向の成分の4乗のフェルミ面上での平均値である。

LaB₆の電子のバンド構造及びそのフェルミ面は長谷川-柳瀬⁴⁾により計算された。そのフェルミ面を図1に示す。LaB₆のフェルミ面は主として5dバンドから成り、X点に中心を持つ3つの等価な回転楕円体を形作っている。そこでフェルミ面を3つの等価な円筒形及び3つの等価な回転楕円体 (軸比=4/3) に近似し、各々次の結果を得た。

$$\begin{aligned} \Delta H_{c2} / \overline{H_{c2}} &= [H_{c2}(100) - H_{c2}(111)] / \overline{H_{c2}} = 0.19 G(\lambda, t) : \text{円筒形} \\ &= 0.026 G(\lambda, t) : \text{楕円体} \end{aligned}$$

上式に見る様に、どちらの場合も異方性の符号は実験と一致している。ところが、その値はフェルミ面の形状に鋭敏である。今、低温での電気抵抗の値 ($\rho \approx 10 \mu\Omega \text{ cm}$) より、電子の有効質量を自由電子の値と同じであると仮定し、 $\lambda = 6.5$ を求め、 $G(\lambda = 6.5, t = 0) \approx 0.2$ と評価する。この場合、 Hc_2 の異方性は4% (円筒) 及び0.5% (楕円体) となる。現在、我々は LaB_6 を基にした詳しいバンド計算結果を用いて YB_6 の Hc_2 の異方性の定量的な評価を行なっている。それにより、 YB_6 のフェルミ面の特徴がより明確になると共に、今後 YB_6 の超伝導特性を用いて、CeやSmイオンの価数揺動状態に対する新しい知見が得られるものと期待される。

文献：

- 1) B. T. Matthias et al., Science 159, 530 (1968)
- 2) 門脇, 伊達, 国井 3氏からの私信による。
- 3) P. C. Hohenberg et al., Phys. Rev. 153, 493 (1967)
- 4) A. Hasegawa and A. Yanase, J. Phys. F 7, 1245 (1977)

図1 (文献4)より転載)

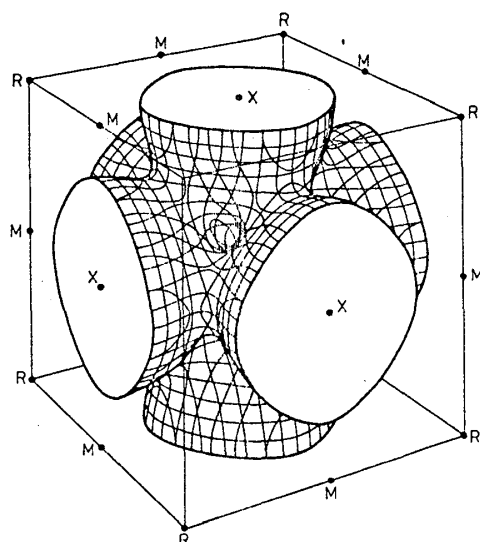


Figure . Perspective view of the Fermi surface of LaB_6 in the Brillouin zone, predicted by the potential with $\alpha = 1.0$.