

強磁場下の $^3\text{He-B}$ の超音波吸収

山口大学 理学部

芦田正巳

超流動 $^3\text{He-B}$ 相に磁場を掛けると秩序パラメーターは変形し、準粒子の励起エネルギーは異方性を持つようになる [1, 2]。このような系での超音波の伝播について理論的な定式化を行い、超音波と集団励起との結合の様子や準粒子の励起による吸収係数の異常な振る舞いについて報告した。磁場の方向を Z 軸方向とし、弱結合近似を用い、準粒子間の衝突の効果を見捨て、粒子-空孔対称性を仮定する。この時、超音波の (複素数の) 音速を C 、第一音波の音速を C_1 とすると、分散関係は次の様に表せる [3, 4]。

$$\frac{C^2 - C_1^2}{C_1^2} = \frac{4}{5} \frac{1 + \frac{1}{5} F_2^S}{1 + F_0^S} \Xi \quad (1)$$

但し

$$\begin{aligned} \Xi = & \frac{1}{4} (1 - 3 \cos^2 \theta)^2 \frac{1 - \frac{45}{4} \xi^{(0)}}{1 + \frac{9}{4} F_2^S \xi^{(0)}} \\ & + \frac{3}{2} \sin^2 \theta \cos^2 \theta \left[\frac{1 - \frac{15}{2} \xi^{(1)}}{1 + \frac{3}{2} F_2^S \xi^{(1)}} + \frac{1 - \frac{15}{2} \xi^{(-1)}}{1 + \frac{3}{2} F_2^S \xi^{(-1)}} \right] \\ & + \frac{3}{8} \sin^4 \theta \left[\frac{1 - \frac{15}{8} \xi^{(2)}}{1 + \frac{3}{8} F_2^S \xi^{(2)}} + \frac{1 - \frac{15}{8} \xi^{(-2)}}{1 + \frac{3}{8} F_2^S \xi^{(-2)}} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

ここで θ は音波の進行方向と磁場の成す角度である。 F_0^S, F_2^S はランダウのフェルミ流体のパラメーターである。系は Z 軸の回りで回転対称性をもつので、超音波と結合する集団励起のモードを Z 軸方向の角運動量で分類することができる。複素関数 $\xi^{(n)}$ は $J_Z = n$ の集団励起のモードからの寄与であり、音波の振動数、温度、磁場の複雑な関数である。(2) 式から磁場と音波の進行方向が平行の場合には $J_Z = 0$ のモードのみが、垂直の場合には $J_Z = 0$ と $J_Z = \pm 2$ のモードのみが音波と結合することが分かる。図 1a, b, c は超音波の進行方向と磁場の成す角が $0^\circ, 45^\circ, 90^\circ$ の場合の吸収係数を温度に対してプロットしたものである。音波の振動数を $\omega/\Delta_{BW} = 1.0$ 、磁場は $\gamma H/\Delta_{BW} = 0.05$ としている。 Δ_{BW} は磁場が無い場合の絶対零度での B 相の秩序パラメーターである。 $T/T_C \sim 0.84$ の縦線は集団励起による吸収を表す。準粒子の励起による連続的な吸収の山は音波の進行方向や磁場の大きさに依存する複雑な構造を示す。 $0.9 < T/T_C < 0.94$ でのピーク、反ピーク構造は $J = 1, J_Z = 0$ の集団励起によるものと思われる [5, 6]。その他の小さな構造は、磁場による準粒子の励起エネルギーの異方性を反映したものであり、 $^3\text{He-A}$ 相で見られたカスプと同様の起源を持つ [7]。これらの小さな異常性を実験で測定することができれば歪んだ秩序パラメーターの最大振幅、最小振幅と系内の有効磁場の値を直接決定することができる。

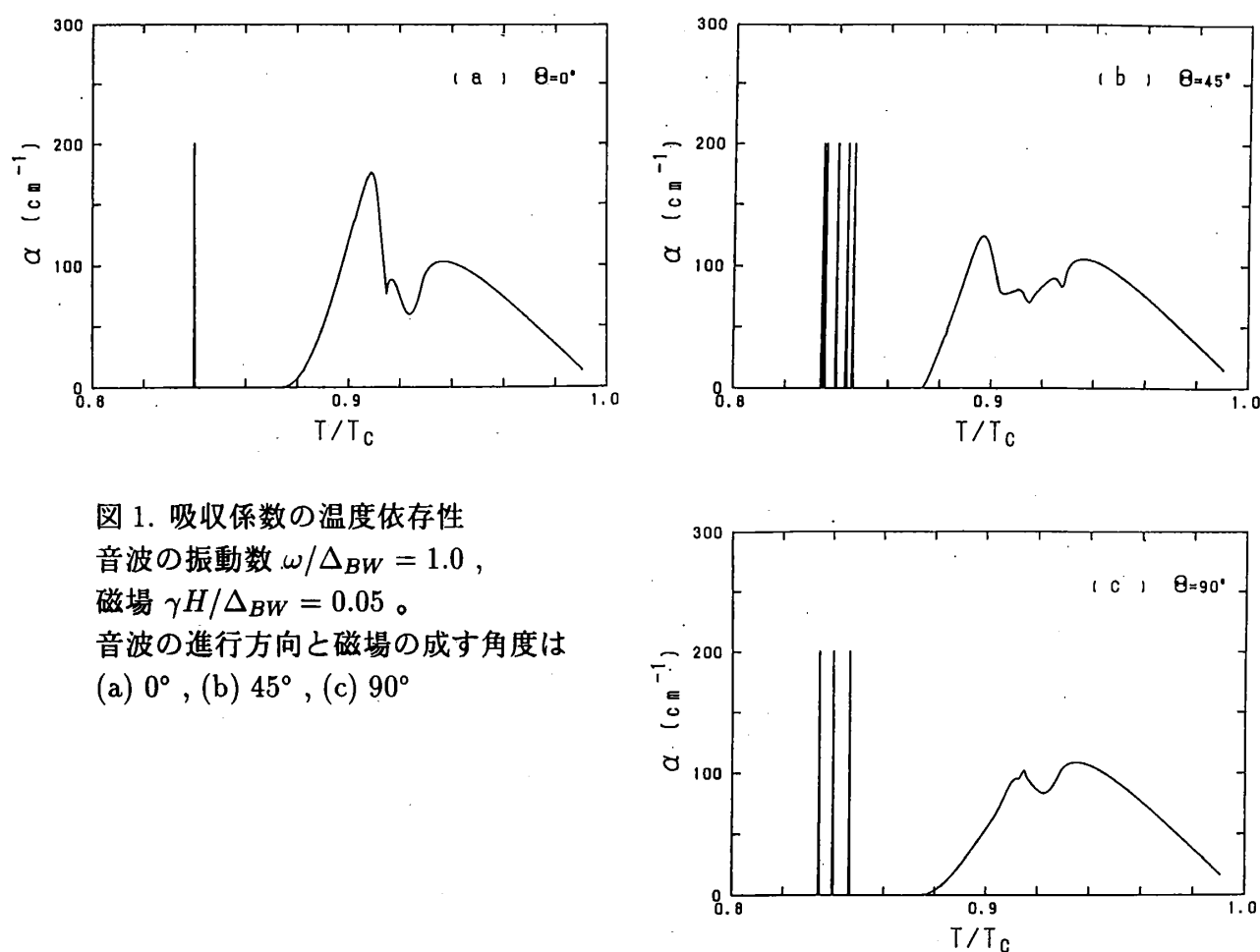


図 1. 吸収係数の温度依存性
音波の振動数 $\omega/\Delta_{BW} = 1.0$,
磁場 $\gamma H/\Delta_{BW} = 0.05$ 。
音波の進行方向と磁場の成す角度は
(a) 0° , (b) 45° , (c) 90°

参考文献

- [1] N. Schopohl, *J. Low Temp. Phys.* **49**, 347 (1982).
- [2] M. Ashida and K. Nagai, *Prog. Theor. Phys.* **74**, 949 (1985).
- [3] K. Maki, *J. Low Temp. Phys.* **16**, 465 (1974).
- [4] H. Ebisawa and K. Maki, *Prog. Theor. Phys.* **51**, 337 (1974).
- [5] R. Ling, J. Saunders and E. R. Dobbs, *Phys. Rev. Lett.* **59**, 461 (1987).
- [6] J. Saunders, R. Ling, W. Wojtanowski and E. R. Dobbs, *J. Low Temp. Phys.* **79**, 75 (1990).
- [7] M. Ashida and K. Nagai, *Prog. Theor. Phys.* **70**, 1672 (1983).