



Title	相関関数を用いた液体ヘリウムIIにおける第一音波の吸収に関する研究
Author(s)	一柳, 正和
Citation	大阪大学, 1971, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/30308
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	一柳正和
学位の種類	理学博士
学位記番号	第 2292 号
学位授与の日付	昭和46年3月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	相関関数を用いた液体ヘリウムIIにおける第一音波の吸収に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 西山 敏之 (副査) 教授 砂川 重信 教授 伊達 宗行 教授 金森順次郎 助教授 三輪 浩 助教授 山崎修一郎

論文内容の要旨

通常の液体とことなり液体ヘリウムIIには、第一音波(密度の波)の他に第二音波(温度の波)が存在している。この二種類の波の存在を正しく扱った微視的立場からの音波の伝播に関する理論は、まだ十分確立されていない。この論文では、微視的立場からの理論として通常の液体において広く用いられている相関関数による方法を、液体ヘリウムIIの場合に拡張することをこころみた。

Moriは、微視的立場から通常の液体での有限温度における集団運動を相関関数(または緩和関数)を用いて議論し、従来までの体系にたいする局所平衡の仮定をとりさり、液体における種々の輸送係数を random force の時間相関として表わした。この論文でも、Moriと同じ立場を採用する。

緩和マトリックス(relaxation matrix)を、微視的に定義された4個の演算子(密度のゆらぎ、 $\vec{n}_k(t)$ 、エネルギーのゆらぎ、 $\vec{n}_k(t)$ 、 $\vec{n}_k(t)$ の時間微分、 $\vec{n}_k(t)$ 、超流動体の速度、 $\vec{v}_s(k)$)で構成する。超流動体の速度 $\vec{v}_s(k)$ を導入した点が従来の理論より新しい点であり、液体ヘリウムIIにおける二種類の音波を議論する上で重要である。

4個の演算子による緩和マトリックスから体系の集団運動(第一音波と第二音波)の基準座標が得られたが、これらの基準座標は、SwiftとKadanoffによって提案されたものに微視的立場より改良を加えたものであり、集団運動の間の相互作用を論ずる上で重要であることがわかった。基準座標から、第一音波と第二音波に作用する random force が決まる。この random force を用いて音波の減衰係数(D_1 :第一音波の減衰係数、 D_2 :第二音波の減衰係数)の時間相関関数による表示が得られた。超流動体の運動の非線形の効果を無視するときは、液体ヘリウムIIの粘性係数は通常の液体の場合と同じ表式となるが、熱伝導率は、超流動体の運動により大きな影響をうけることがわかる。

減衰係数 D_1 と D_2 を微視的立場よりもとめることは非常に困難である。我々は、音の伝播が “isothermal” である場合には、 D_1 と D_2 の間に簡単な関係が成りたつことを示した。この関係式は、Ferrellによって仮定されたものと異なるが、ヘリウムの相転移点(T_λ)の近傍では、その差は無視できるも

のである。第一音波の吸収係数が、相転移点の近くで $(T_\lambda - T)^{-1}$ で発散し、超流動体の密度が $(T_\lambda - T)^{\frac{2}{3}}$ に比例して零になるという実験結果を仮定すると、第二音波の吸収係数は、 $(T_\lambda - T)^{-\frac{1}{3}}$ という異常を示すことが予見される。この結果は dynamical scaling の仮定(半現象論)により得られるものと一致する。

論文の審査結果の要旨

一柳君の論文は液体ヘリウムⅡにおける第1音波と第2音波の吸収係数に関する式を微視的な立場から導いたものである。

液体ヘリウムⅡでは、第1音波(密度の波)のほかに、量子効果による凝縮相の存在を示す現象として、第2音波(温度の波)が伝播する。これらの音波に関する理論的研究は、おもに現象論(2流体力論)によって行なわれてきたが、微視的理論はまだ十分確立されていない。とくに入転移点($T_\lambda = 2.18^\circ\text{K}$)近くの温度 T における理論はほとんどない現状である。

通常の液体における超音波吸収については、Moriの相関関数を用いた微視的理論がある。それによれば、密度のゆらぎとその時間微分およびエネルギー密度の3箇の量に対する3次元の緩和行列を計算することによって音波の吸収係数が求められる。

一柳君は上記の3箇の量に、超流体の速度を附加して、4次元の緩和行列を計算することにより、第1音波と第2音波の吸収係数を同時に導くことに成功した。この方法は局所平衡の仮定を必要とせず、また超流体の速度を微視的に定め得る利点がある。

この結果、第1音波と第2音波の関係がより明らかとなり、Ferrell等による改良された現象論の結果がある近似の下で得られることがわかった。また最近 Reppy 等の精密測定が示す超流体密度の温度依存性: $(T_\lambda - T)^{\frac{2}{3}}$ と Rudnick 等の実験結果による超音波吸収係数の温度依存性: $(T_\lambda - T)^{-1}$ が矛盾なく説明されるが、これは従来の理論では得られなかつたものである。

以上を総合して同君の論文は、液体ヘリウムの超流動の研究に重要な貢献をしたものと考えられ理学博士の学位論文として十分価値あるものと認められる。