第1図に見られるような形をしている。

講義においては，まず，正常状態の ^{3}He が，ランダウのフェルミ流体理論でいかに記述されるかが示され，帯磁率等の表式が導出された。続いて，比熱，スピン帯磁率，第四音波等の実験結果が示され，T_c 付近でのこれらの量のふるまいから，低温相が超流動状態である事，転移の次数等が示された。

超流動状態の理論としては，^{3}He 原子が軌道角運動量1の状態で Cooper 対を作るとして，スピン空間でのマトリックス形のオーダー・パラメタを定義しGL理論の範囲でBW状態 (isotropic) とABM状態 (anisotropic) が可能である事が示され，帯磁率や比熱の T_c でのふるまいが議論された。実験的にはABM相はA相，BW相はB相に対応すると考えられる。

微視的理論としては，超伝導の場合を拡張したBCS理論が紹介された。対をつくる相互作用の媒介としては，^{3}Heが nearly ferromagnetic であるために生ずるパラマグノンが考えられる。

続いて超流動状態でのNMR，集団運動モードとしてのスピン波，音波（特に第四音波），凝縮対の軌道角運動量（$\vec{\ell}$ベクトル）の振動としての Orbital made について議論があった。

^{3}Heにおいてみられる不均一な状態としてはℓ－ベクトルのつくるパターンとしての texture が最近の注目を集めている。Maki-Tsuneto, Fetter, Mermin-Ho, Anderson-Toulouse 等によって考えられた、様々なパターンが紹介された。

（飛田和男）

Statistical Mechanics Theory of Non-equilibrium System

講師　お茶大　　柴　田　文　明

この講義では，コヒーレント表示，及び非 Markov 過程における time convolutionless master 方程式について話された。

I 一般化された位相空間の方法

量子力学的な非可換な量を取り扱うのに，c－数空間に対応させる方法がある。そのひとつにコヒーレント表示がある。

Bose 演算子についていうと，コヒーレント状態 $|z>$ は Bose 演算子 a の固有状態として，

$$a\,|z> = z\,|z>$$
$$|z> = \sum_n \frac{z^n}{n!} e^{-|z|^2/2}\,|n>$$

のように書ける。$|z>$ は完全性を満たしてはいるが，直交性は満たしていない。完全性により，任意の状態，演算子，積等について，c－数空間と一対一対応がつき，その処方箋がつくられる。

ところで，Spin 演算子についても，二種の Bose 演算子 $\{a_+, a_+^+\}$；及び，$\{a_-, a_-^+\}$ を用いて，

$$s_\pm = a_\pm^+ a_\mp,\quad s_0 = \frac{1}{2}\{a_+^+ a_+ - a_-^+ a_-\}$$

のように書けるので，コヒーレント表示ができる。しかし，ここで導びかれた，スピンコヒーレント状態には，spin の大きさ J のすべての値が含まれている。そこで，$J^2 = s_0^2 + \frac{1}{2}(s_+ s_- + s_- s_+)$ の部分のみをとり出す射影演算子 P_J をほどこす。つまり，いったん拡げた空間から，必要な部分だけを取り出すわけである。このようにして，スピンコヒーレント状態は J，φ，θ で記述される。Bloch 状態と関係づけられていく。

なお，Fermi 演算子については，ようやく手がつけられたばかりで，我々に残された課題であるといえる。

II Damping Theory ; Schrödinger Picture Non-Markov 過程は

$$P\dot{W}(t) = -i\,PLPW(t) - \int_0^t d\tau\, PLe^{-iQL\tau} QLPW(t-\tau) - i\,PLe^{-iQLt} QW(0)$$

のように time convolution を含んだ形に書けるが，

$$\theta(t) = [\,1 + \int_0^t e^{-iQL\tau}\, iQLPe^{iL\tau} d\tau\,]^{-1}$$

を導入すると，

$$P\dot{W}(t) = -i\,PLPW(t) - i\,PL\,\{\theta(t) - 1\}PW(t) - i\,PL\theta(t)\,e^{-iQLt} QW(0)$$

ように，time convolution を含まない形になる。射影演算子 P は，普通，熱浴からの

影響を現象論的に取り扱うように決める。

この方法を，stochastic Liouville 方程式において用いると，Liouville 演算子を，$L(t)=L_0+L_1(t)$ のように分け，射影演算子を，$L_1(t)$ についての確率平均をとるように決めると，$\rho(t)=PW(t)=\langle W(t)\rangle_B$ は

$$\dot{\rho}(t)=-i(L_0+\langle L_1(t)\rangle_B)\rho(t)-\psi(t)\rho(t)+\hat{I}(t)$$

を満たす。ここで，$\psi(t)$がL_1で展開しやすい形をしている。

例として，Kubo-Anderson model

$$\dot{x}(t)=i\,[\omega_0+g\omega_1(t)]\,x(t)$$

が取り上げられた。$\omega_1(t)$ について Gauss 過程を仮定すると，$\psi(t)$は$O(g^2)$までで正確に求まる。これと従来の方法による$O(g^2)$までの結果との比較が，数値計算も使ってなされた。$\alpha=g\sqrt{\langle\omega_1^2\rangle_B\tau_c}$ として，αが大のところ，あるいに，tの大のところで，従来の方法はよくない結果を与えるが，time convolutionless master 方程式からの結果は常に正しい。

その他，damped oscillator, spin 緩和への応用が，紹介されたが，その際コヒーレント表示も使用された。また Heisenberg picture による Damping Theory の formalizm も紹介された。

丁寧な講義で，時折，耳の痛いアドリブもはいり，質問も活発に出ました。最後に，各自，感想，将来への抱負を語り，柴田先生の方からも，私達若手に対する，御意見，アドバイスをいただき，交流という面でも有益な二日間でした。

（桝谷道子）

乱　流　理　論

講師　央大理　中　野　徹

I　Introduction

<u>Transition to turbulence</u>