Title	Helium-Bose系の動的臨界現象(非線型・非平衡状態の統計力学,研究会報告)
Author(s)	五十嵐, 儀孝
Citation	物性研究 (1976), 26(1): A56-A58
Issue Date	1976-04-20
URL	http://hdl.handle.net/2433/89128
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

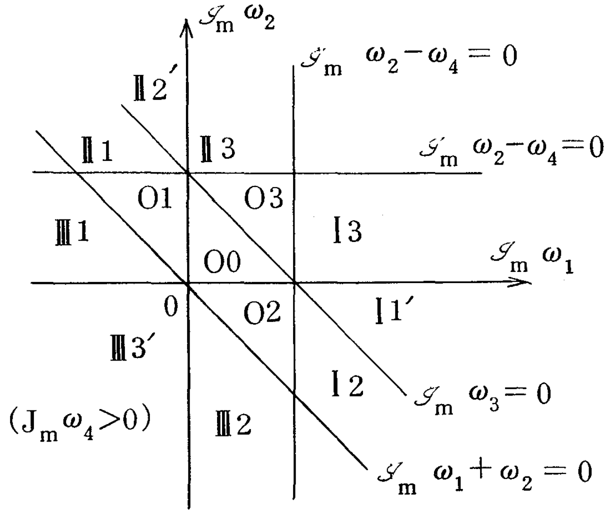
Helium—Bose 系の動的臨界現象

東大・理　五 十 嵐 儀 孝

静的臨界現象の究明に引き続き，動的な問題をScaling 則の観点から，くりこみ群の手段を用いて研究され始めて，3～4年経過した。くりこみ群の有効性は，既存の確立された模型(多くは確率過程論的)の動的臨界指数，その間の関係，臨界揺動変数の分類に於いて発揮された。所で，現実の体系の微視的ハミルトニアン記述に基礎を置いて強非線形効果をくりこむ際に問題になるのが，運動方程式系が容易に固定化されず，過渡的挙動が現れる事である。TDGL 模型では固定化された散逸関数，自由エネルギーを出発点とするので，揺動力くりこみ効果を除けば安定な模型である。この過渡的挙動の主因は，Propagation—Diffusion クロスオーバーと散乱の頂点関数の持つ動的な弱異常性であり，Bose 系の λ 転移の臨界現象で典型的に困難さを露出する。かかる過渡的模型に対して，くりこみ群の方法を直接用いると，複雑極まり無い上に，臨界特性に関与する諸変数のくりこみ効果を見失う可能性がある。そこで，くりこみ群と $\varepsilon = 4 - d$ 展開法が模型を確立する上でも有効な指針となる事を示す。

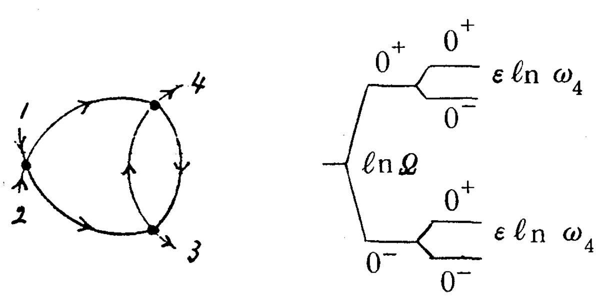
量子力学系の伝統的記述法，温度グリーン関数 $G(i\omega_n)$ に対するDyson 方程式を解析接続して，諸散乱過程の物理的(TDGL 模型との対応)相違に着目して整理すると非線形応答型と，二体相関型の4点関数が現れ，解析領域の境界を無視すると前者が残存して，TDGL 模型の秩序パラメータの応答関数に対するDyson 形方程式に類似する。

しかしながら，解析性の内容である散乱の因果律が動的臨界現象で副次的法則になるとは考え得ない。解析性を無視できない事は，Dyson 方程式^{R}を整理する際に調べた次の性質からも明かである。4頂点関数の解析領域は図の様に，16個に分裂する。それぞれの境界線で実周波数の弱い異常項の振幅のギャップを，ε 展開法で求めると，結合周波数 $(\omega_1 + \omega_2,\ \omega_1 - \omega_4,\ \omega_2 - \omega_4)$ と個別周波数 (ω_i) の異常項振幅ギャップ比が $1 : \varepsilon$ となる。これは4点関数の摂動展開表式で $G^R(\omega)$ として出発点の $G_0^R(\omega)$ でも，極限的にくりこみ効果を受けた場合の形と考えられる拡散形の $G^R = (-i\omega + k^2)^{-1}$ を用いても結果に主要な変化は無い。この様に結合定数の大きさや，$G^R(\omega)$ の形に依ら



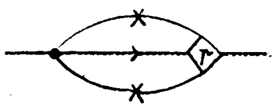
ないで成立する性質を，relevant property：R^* と呼ぼう。

以上の分析で判明した事は，個別周波数の $\mathscr{I}_m\ \omega_i=0$ での gap は，結合周波数のに対して，ε の次数で無視でき，解析領域は4個に簡素化される。二体相関型の4点関数は例えば，$\triangle_{\text{Ⅲ}}=\Gamma_{\text{Ⅲ}}\ \Gamma_0$ であり解析性を全く無視すれば消滅するが，くりこみ群の立場から，この振幅は最終的に universal な値に固定されるべきで，無視できない。従って，この二体相関型頂点関数により静的では縮退していた結合が分裂し新しくモードが出現する。このモードは自已エネルギーに対して顕著な効果を持つ。Γ_0 と $\triangle_{\text{Ⅰ},\text{Ⅱ},\text{Ⅲ}}$ に関するBSN方程式^{R}のくりこみ群に基づく order estimate から，$\Sigma^R(\omega)$ に現れる結合定数は $O(\varepsilon)$ 程度となり動的臨界指数 $z\,(\Omega\sim k^z)$ の評価をすると次図の様に，$z=2-O(\varepsilon)$ となり，頂点関数の解析性（弱異常性を考慮した結果生じた gap）から生じる諸モードが優勢である（R^*）。諸モードの内には保存則が引き金となり成長したものが在り，保存則を考慮する従来のモード結合は主要部



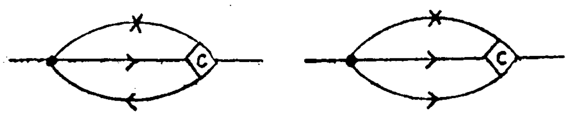
Example

を先取りした理論になっている。



TDGL形

$\varepsilon\, \ell n\ \omega\varepsilon \sim \varepsilon^2\ \ell n\ \omega$



Mode 結合形

$\varepsilon\varepsilon^{-1}\ \ell n\ \omega\varepsilon \sim \varepsilon\ \ell n\ \omega$

ボーズ気体の時間相関関数

阪大・教養　西　山　敏　之

ボーズ粒子系において，非線型相互作用が本質的に役割をもつことは，誘電体中のフォノン間相互作用に類似している。ここでは高密度ボーズ気体に対する集団変数の理論を用いて時間相関関数または動的構造因子 $S(\mathbf{k},\omega)$ を求めることに目標をおくが，集団変数の取扱い方があまりよく知られているとはいえないので，その紹介を主として述べることにしたい。

集団変数の理論では，古典的 Bogoliubov 理論[1]と異なり，i）運動量ゼロの状態にある粒子の存在を仮定していないこと，ii）2次の摂動計算が収束するという利点がある反面，密度のゆらぎに正準共役な量は存在しないという Fröhlich の批判[2]や，速度演算子は存在しないという London の反論[3]に直面することとなる。他方 Feynman と Cohen の変分理論[4]や Feenberg たちの相関基底関数の方法（method of correlated baisis functions；CBF）[5]はこれらの批判の対象にはならないが，さらに高い近似を得る手順が明らかにされていない。

集団変数の理論としてここでとりあげる密度位相近似（DPO）[6]，Bogoliubov－Zubarev－Hiroike の $\rho_{\mathbf{k}}$－表示（BZH）[7]および Sunakawa et al. の速度演算子の方