



Title	多体ボーズ系の絶対零度および有限温度における励起エネルギーと構造因子
Author(s)	渡邊, 豊
Citation	大阪大学, 1985, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/34604">https://hdl.handle.net/11094/34604</a>
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、<a href=" <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> ">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	わた 渡 邁	なべ 豊
学位の種類	理 学 博 士	
学位記番号	第 6794	号
学位授与の日付	昭和 60 年 3 月 25 日	
学位授与の要件	理学研究科 物理学専攻	
	学位規則第 5 条第 1 項該当	
学位論文題目	多体ボーズ系の絶対零度および有限温度における励起エネルギーと構造因子	
(主査)	教 授 西山 敏之	
(副査)	教 授 砂川 重信	教 授 金森順次郎
	教 授 山崎修一郎	教 授 森田 正人
論文審査委員		

### 論 文 内 容 の 要 旨

多体ボーズ粒子系の、絶対零度および有限温度におけるエネルギー・スペクトルと構造因子を、密度位相演算子法により調べた。密度位相演算子法は、密度のゆらぎと、それに共役な位相のゆらぎによってハミルトニアンを書き表わし、物理量を求める方法である。求めた結果を、荷電ボーズ気体と液体  $^4\text{He}$  に適用した。

通常の座標空間における密度位相演算子法においては、ハミルトニアンの中に発散する項がいくつか含まれている。物理量を求める時、結果として得られた物理量においては、それらの発散項が打ち消しあって有限の結果が得られるはずであるのに、計算の段階ですでに、それらの発散項の扱い方にあいまいさが存在し、正しい結果を得ることが困難である。この発散の困難は、座標空間を格子にし、物理量を計算した後に連続の極限を取ることにより除くことができるることを示した。

この方法により、まず絶対零度の場合について調べた。荷電ボーズ気体に対しては、高密度展開を与えることがわかる。求めたエネルギー・スペクトルにおいて、最低次の項は Foldy が Bogoliubov 理論により求めた項に一致する。Foldy の結果は波数の小さい所で下に凸である。本論文の結果では、補正項のため、波数の小さい所で上に凸となり、有限の波数の所に極小値を持つことがわかった。液体  $^4\text{He}$  においては、エネルギー・スペクトルの波数の小さい所での phonon からのずれが、波数の 3 乗に比例し、その符号が正であること、すなわち、異常分散を示すことがわかった。この結果は、比熱の実験や超音波吸収の実験などで求められた結果と一致する。

次に、有限温度の場合について調べた。エネルギー・スペクトルについては、実験的には中性子散乱によって求められるので、本論文では、それを動的構造因子の極として定義した。これによって有限温度のエ

ルギー・スペクトルを高密度領域ではじめて導くことに成功し、有限温度の構造因子が、求めたエネルギー・スペクトルによって与えられることを示した。また、van Hoveの動的構造因子が任意の波数において、二つの有名な総和則を満足していることも分った。荷電ボーズ気体に対しては、エネルギー・スペクトルの極小値が温度上昇に従って小さくなる。液体<sup>4</sup>Heに対しては、構造因子の温度依存性が、ⅰ) main peakが、温度の上昇に伴って大きくなっていくこと、ⅱ) main peak の位置が、温度が上昇するに従って低波数側へshiftすること、ⅲ) 波数の小さい所で温度に比例するgapを持ち、下に凸となっていることを示した。これは中性子散乱の実験に一致している。

### 論文の審査結果の要旨

多体ボーズ系の物理量を求めるために利用されている密度位相演算子法では摂動計算の結果に赤外発散も紫外発散も共にないことが知られている。しかしこの方法を用いて有限温度における物理量を求める計算は未だ行われていない。渡邊君は絶対零度における計算の途中で現れる不定の発散項による曖昧さを格子空間を考えることによって除外すると共に、有限温度におけるvan Hove関数、温度グリーン関数および構造因子を計算することによって温度に依存するエネルギー・スペクトラムを求めることに成功した。具体的な例として高密度荷電ボーズ気体のエネルギー・スペクトラムに対する数値解析を行い、また液体<sup>4</sup>Heについては、絶対零度の長波長励起エネルギーのファインマン・エネルギーからのずれを求め、有限温度の構造因子の解析も行った。いわゆる小さいり一演算子を導入することによって計算の見通しを良くした功績は大きい。

以上を総合して、同君の論文は多体ボーズ系の理論的取り扱いに関して新しい知見を加えたものとして評価され、理学博士の学位論文として十分価値あるものと認める。