



Title	相互作用しているボーズ系の微視的理論
Author(s)	松田, 精久
Citation	大阪大学, 1976, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/31601
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="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文について 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)	まつ 松	だ 田	きよ 精	ひさ 久
学 位 の 種 類	理	学	博	士
学 位 記 番 号	第	3	7	6
学位授与の日付	昭和 51 年 12 月 15 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	相互作用しているボース系の微視的理論			
論文審査委員	(主査) 教 授 砂川 重信			
	(副査) 教 授 西山 敏之 教 授 金森順次郎			
	教 授 森田 正人 助教授 神吉 健			

論 文 内 容 の 要 旨

相互作用のある多体ボース系の微視的理論は、液体ヘリウムにおける各種の特異な性質を解明する目的をもって、これまで精力的に研究されてきた。この種の理論を大別すると、次の二つのグループに分類することができよう。その一つは、自由粒子系におけるボース・アインシュタイン凝縮の存在を仮定するボゴリュウボフおよびその系列の理論であり、他の一つは、西山、砂川らによる集団変数を導入する理論である。集団変数を利用する理論の第 1 近似の結果は、多少の相違を無視すれば、ボゴリュウボフ理論の与える結果と一致する。しかし、この第 1 近似の結果は、実験結果の定量的説明を与えることはできない。そこで西山、砂川らはフォノン-フォノン相互作用の効果の重要性を考慮して、その相互作用の形を確定し、さらに高次近似の計算を進め、実験結果とのよい一致を得ている。一方、ボゴリュウボフおよびその系列の理論では、その基礎的仮定、すなわち自由粒子のボース・アインシュタイン凝縮の存在そのものの故に、フォノン-フォノン相互作用の形を確定することがさまざまにされ、そのために高次近似の計算を具体的に実行することができなかったのである。

本論文では、上述の二つの理論の関連を調べるため、ボゴリュウボフ理論を改良し、フォノン-フォノン相互作用の形を確定し、これにもとづいて高次の近似計算を実行した。その目的のため、本論文では自由粒子ではなく、相互作用の影響をうけたいわゆる着物をきた粒子のボース・アインシュタイン凝縮を考え、ボース粒子数を保存する新しい物理的変数を導入する。これにより、ボゴリュウボフ理論の困難が克服され、さらにある種のユニタリー変換を導入することにより体系を記述する全ハミルトニアンが砂川らの集団変数理論のそれとまったく一致する結果を得ることができることが明らかにされた。すなわち、ボゴリュウボフ理論を改良することにより、これまでの限界を超えて集団変

数理論のレベルにまでその理論を向上させ、あわせて上述の2理論の同一性をはじめて明らかにした。なお、着物をきた粒子のボース・アインシュタイン凝縮を考慮したことにより、この理論にもとづいて、ラムダ転移の存在を説明する手掛りが得られた。

論文の審査結果の要旨

液体ヘリウムは約2.2°K以下において、超流動などの極めて特異な性質を示す。これは量子効果が巨視的レベルにまで現われてくることによると考えられている。この液体ヘリウムの性質を、相互作用をしているボース粒子の多体系として、量子力学にもとづいて説明しようとする理論がこれまでいくつかが発表されている。その代表的なものの一つがBogoliubovの理論である。この理論では、Londonの考えにもとづき、ゼロ運動量状態におけるBose-Einstein凝縮の存在が仮定され、この仮定のもとに第1近似でその励起エネルギーがフォノン・スペクトルであることが導かれた。しかし、その結果は実験を定量的に説明するにはいたらなかった。そこでこの理論をさらに進めて、高次近似の計算が要請されたが、幾多の困難のため、これまで不成功におわっていた。

松田君は、上述の困難を克服して、高次近似の効果を考慮できる理論を展開することに成功したのである。松田君は、まずBogoliubov変換を粒子数が保存するように拡張し、変換された着物をきた演算子 A_k で表わされる粒子がゼロ運動量状態に凝縮していると考え、さらにこれらの粒子間の相互作用項を全粒子数の逆ベキに展開する。こうしてフォノン間の相互作用を一義的に決定した。この結果にもとづき、励起スペクトルの高次項を計算すると、各相互作用項から運動量の逆ベキに比例する項が現われる。この結果は一見不都合にみえるが、全体の寄与を加え合わせると、これらの不都合な項は相殺し、フォノン・スペクトルが導かれる。上の事実は、各相互作用項がフォノン・スペクトルを保証するような正準変換の存在を示唆している。そこで松田君は、上の条件をみたす第2の正準変換を導入し、体系を新しい演算子 α_k により記述した。その結果は、集団変数を用いるSunakawaらの理論と正確に一致することが明らかにされ、また新演算子 α_k で表わされる粒子の全数が保存することも示された。

以上要するに、松田君の理論はBogoliubov理論の困難を克服し、この系列の理論の画期的発展をもたらした。またこの種の理論と集団変数を利用する理論との間の関係を明らかにし、全粒子数の保存にもとづくラムダ転移の説明の可能性をひらいたものである。よって、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。