OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	超流動He ^ 4における音響子型素励起の熱力学的性質に関する理論的研究
Author(s)	大矢, 正人
Citation	大阪大学, 1983, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/24536
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・(本籍)	大矢正人
学位の種類	工学博士
学位記番号	第5959号
学位授与の日付	昭和58年3月17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	**超流動He^4における音響子型素励起の熱力学的性質に関する理論的研究**
論文審査委員	(主査) 教授 庄司一郎
	教授 池田和義　教授 関谷全　教授 西山敏之

論文内容の要旨

本論文は，液体He^4の体系としてもっとも広く採用されているボーズ粒子モデルを使い，超流動状態における音響子型素励起の熱力学的性質を対称性の破れの観点に立って解析し，液体He^4の実験結果と比較検討したものである。本論文の構成は以下の通りである。

第1章では，超流動状態とゲージ対称性の破れおよび対称性の破れと素励起の関連を示し，本研究の立場と目的を明らかにしている（付録Ⅰ）。

第2章では，本研究の基本的手法である素励起場展開の方法，すなわち相互作用が強いボーズ粒子系を相互作用が弱くほとんど自由とみなせる素励起場で記述し直す方法，を説明している。素励起はゲージ対称性の破れに対するGoldstoneモードである集団励起（位相場）と個別励起が存在するとし，温度効果はthermo field dynamicsを使って導入している。

第3章では，位相場のエネルギーが長波長域で運動量に比例することを示している（付録Ⅲ）。位相場の音速の温度依存性は，液体He^4の中性子非弾性散乱実験において観測される集団励起の音速の温度依存性と定性的に一致している。さらに音速の微視的表現は，絶対零度の場合，高野が集団励起の計算から求めた結果と厳密に一致しており，この意味で本研究が絶対零度における集団励起の微視的理論の有限温度への拡張として有効なものであることが示されている（付録Ⅱ）。

第4章では，回転容器中のボーズ粒子系の応答を示す流束密度相関関数の低周波数，長波長極限での値を求めている。その結果，超流体密度の微視的表現は，碓井及びPasquale-Tabetの結果と一致していること，さらに応答の超流体部分は位相場によって，また常流体部分は熱的に励起された個別励起によって担われることが明らかになっている。

第5章では，最近WoodsとSvenssonが中性子非弾性散乱実験より指摘した，超流動状態における動的構造因子の二成分構造の理論的解明を行っている。密度相関関数の低周波数，長波長極限での値が，位相場による部分と熱的に励起された個別励起による集団振動部分に分離されること，そして動的構造因子の二成分構造はこの分離を反映したものであることが示されている。

第6章では，本論文の結果と今後の課題をまとめている。

論文の審査結果の要旨

本論文は，極低温において超流動現象を示す液体He^4の熱力学的諸性質を微視的立場から研究し，その結果をまとめたものである。この論文での手法は，超流動現象の出現の機構を，対称性の自発的破れという概念でまとめあげようとするものである。その結果，超流動転移現象の担い手である長波長の集団励起（位相場）は，音響子型の励起スペクトルを有するが，転移温度より高い温度領域では消滅すること，および励起スペクトルは中性子非弾性散乱の実験で得られた有限温度での液体He^4中での音波の速度を決めるものであることなどの新しい知見を得ている。この得られた結果の重要性は，理論的解析が困難とされていた中性子非弾性散乱の実験で観測された液体He^4の動的構造因子の二成分構造の理論的解明を通して，再認識されている。また，超流動体密度の微視的表式を導出する上で，長波長の集団励起が基本的に重要な役割を果たしていることが示されている。

以上のように，本論文は，液体He^4の超流動状態への相転移という量子力学的現象を位相場の熱力学的性質に照らして解析し，therno field dynamicsとよばれる新しい手法の有用性を，計算結果と中性子散乱実験の結果との比較によって明らかにしている。これらの研究成果は，物性研究の上に貢献する所が大きい。よって，本論文は博士論文として価値あるものと認める。