



Title	Number-Phase Fluctuations in Isolated Superconductors [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	司, 嘯天
Citation	北海道大学. 博士(理学) 甲第13558号
Issue Date	2019-03-25
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/74247">http://hdl.handle.net/2115/74247</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Si_Xiaotian_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

## 学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士(理学) 氏名 司 嘯 天

審査担当者	主査	准教授	北 孝 文
	副査	教授	根 本 幸 児
	副査	教授	小 田 研
	副査	准教授	近 藤 憲 治

学位論文題名

Number-Phase Fluctuations in Isolated Superconductors  
(孤立超伝導体の粒子数\*位相揺らぎ)

博士学位論文審査等の結果について (報告)

電流が電気抵抗なしで流れる超伝導状態は、自発的対称性の破れた系の典型例であり、その秩序変数は、巨視的な波動関数であることが広く受け入れられている。しかし、超伝導状態の位相に関しては、理論面で基本的な問題が残されてきた。すなわち、粒子数と位相が近似的に量子力学の交換関係に従うことから、粒子数が一定の孤立超伝導体では、位相が確定しないとも考えられる。実際、超伝導状態の位相は、観測過程での波束の収縮により初めて確定値を持つようになるとする理論もある。一方、超伝導状態で位相が確定していることを実験事実として受け入れ、超伝導状態を「自発的ゲージ対称性の破れ」た状態であるとする見解もかなり広く受け入れられている。しかし、「ゲージ対称性の破れ」は明らかに粒子数保存則と矛盾しており、この呼称に対して反発する学者も数多く存在する。このように、孤立超伝導体の位相が定まるか否かは、60年以上も前から論争の対象となっており、広く受け入れられた定説がこれまでなかった。この点に関連して、超伝導状態の基礎理論と考えられているバーディーン=クーパー=シュリーファー(BCS)理論の変分波動関数は、クーパー対の数に関する重ね合わせで表現されており、その重ね合わせが物理的か否かも議論的であった。

本論文では、この超伝導状態に関する基礎的問題に関して、新たな視点を提供したことに大きな意義がある。着目したのは、相互作用による多体効果である。一般に、相互作用が弱い領域では、多体相関による相関エネルギーは、超伝導状態に落ち込むことによる凝縮エネルギーよりも、系の安定化にはるかに寄与することが期待されるが、これまでその効果は波動関数に取り込まれてこなかった。このような物理的考察に基づいて、本論文では、まず、平均場波動関数であるBCS波動関数を、多体相関効果を取り込むように改良することに成功した。そして、改良変分波動関数を用いて基底状態のエネルギーを最適化する非線形連立方程式を導出し、それらを数値的に評価した。その結果、(i)多体相関エネルギーは超伝導凝縮エネルギーよりも系の安定化にはるかに寄与すること、(ii)相関効果により凝縮粒子数の揺らぎが自然に出現することを明らかにした。さらに、系の巨視的位相に関わる交換関係として、従来の「全粒子数と位相との交換関係」の代わりに、「凝縮粒子数と位相との交換関係」を提案している。多体相関効果は、これまで超伝導状態の位相の議論からは除外されてきた。しかし、それが、有限の非凝縮粒子を生成し、それらが凝縮粒子数の揺らぎに対する粒子溜めとなることを明らかにしたのである。

このように、著者は、超伝導状態における粒子数と位相の揺らぎに関して、新たな知見を与え、孤立超伝導体でも巨視的位相が定まることを示した。

よって著者は、北海道大学博士(理学)の学位を授与される資格あるものと認める。