

Title	Surface energy on a boundary in $\lambda \phi^4$ theory
Author(s)	足立, 整治
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/37217
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

【2】

氏名・(本籍)	あ	だち	せい	じ
	足	立	整	治
学位の種類	理	学	博	士
学位記番号	第	9628	号	
学位授与の日付	平成3年3月26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	Surface energy on a boundary in $\lambda\phi^4$ theory ($\lambda\phi^4$ 理論におけるある境界での表面エネルギー)			
論文審査委員	(主査)			
	教授	吉川	圭二	
	(副査)			
	教授	山本 邦夫	教授	高杉 英一
	助教授	佐藤 行		
	助教授	静谷 謙一		

論文内容の要旨

1948年に、距離 L だけ離れた平行平板の間に L^{-4} に比例する引力が働くことを、電磁場の持つ真空エネルギーを計算することによってCasimirは示した。それ以来、空間のある領域に閉じこめられた場によって作られる真空エネルギーのことを、一般にCasimirエネルギーという。最近、国正はCasimirエネルギーを計算することによって電磁場のゼロ点振動が超伝導体の表面に作るエネルギーを評価した。

初期には、場が閉じこめられている領域の境界面上で場にある境界条件を課すことによってCasimirエネルギーが計算されていた。この事は領域外に無限大のポテンシャルが存在することを意味する。しかし、この無限大のポテンシャルと理論のもつ紫外発散との区別がつかないため、各種の正則化の導入にもかかわらずしばしば発散の除去に伴う困難が生じた。国正の計算では有限ポテンシャルを導入したため、境界条件による発散は現われないが、電磁場の質量を超伝導体内で定数とする理想化を行なっている。

この論文では、電磁場の質量項の生成のメカニズムに立ち入って超伝導体表面での質量項を調べる。そのため、半空間に広がった超伝導体内でCooper対を表す $\lambda\phi^4$ 理論に従う場 ϕ を考える。そして、この場 ϕ (Higgs場)の古典解を調べて、更に ϕ 自身によって作られる表面エネルギーを計算する。Higgs場の結果を検討するため、自由スカラー場のCasimirエネルギーを場が無限大のポテンシャルによって閉じこめられている場合と、青山によって与えられた処方に従って有限ポテンシャルによって閉じこめられている場合の二つの場合について計算し、両者の結果をHiggs場の表面エネルギーと比較する。

その結果、Higgs場の系においては、境界面付近でspace-dependentな古典解が得られた。この事は、超伝導体内で電磁場の質量項が表面に近づくにつれてなめらかにゼロに近づくことを示している。Higgs

場の表面エネルギーの計算では紫外発散は $\lambda\phi^4$ 理論の持つ繰り込みの処方によって除去され、境界条件による発散と紫外発散を区別することが出来た。更に、Higgs場の表面エネルギーと自由スカラー場による表面エネルギーとを比較することにより、前者は後者よりも低いことがわかった。これは、領域内で自由スカラー場の質量項は正の定数として与えられているのに対し Higgs 場の場合には量子場の質量項が境界面近くで負になることが原因である。

論文審査の結果の要旨

金属などの表面エネルギーの計算は、1948年にカシミアによって求められた真空エネルギーの計算法を用いることに依って実行できるが、この方法では無限大の自由度を取り扱うために、計算の途中の段階で発散項が現れる。そのためその中から物理的に有意義な有限量を取り出すには細心の注意が要求される。しかし、相対論的な場の理論でよく知られている繰り込みの方法を用いることができれば、無限大の分離は一意的に可能である。

この論文は、金属が超伝導状態になったときその表面付近にクーパー対によってもたらされるエネルギーを求める一連の研究の一つである。今まで何人かの人々によってなされた表面エネルギーの計算では、発散の分離方法の一意性が不明確であること、表面付近の様子単純化のしすぎで物理的な実状が十分反映されていないことなどの点で不満足であった。

足立君は繰り込み理論による無限大の分離法を利用することを考え、クーパー対を素粒子論でヒックス場と呼ばれているスカラー場で置き換えた模型を考え、ヒックス場が半無限空間に閉じ込められたときにその境界面に現れるエネルギーをカシミアの方法で計算した。このヒックス模型には場の反転対象性を自発的に破る機構が組み込まれていて、BCS超伝導体の物理的性質を反映しているものと思われる。一方、この模型はキルク解と呼ばれる古典解を持つため、金属表面の量子状態をかなり正確に再現することが可能であること、また発散は模型が繰り込み可能であるために物理的に明確に分離できること、の二つの点で優れている。

計算の結果については、ミュンスターによって求められた相転移に依って生ずる区域壁エネルギーの計算との整合性を調べることに依って確かめられている。この研究から予言される表面付近の性質については将来実験との比較も可能と考えられる。

以上の内容を検討した結果、この論文は博士論文として十分な価値があるものと認める。