

【 23 】

氏 名	真 木 和 美
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 73 号
学位授与の日付	昭 和 39 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学 専 攻
学位論文題目	Stability of Various Perturbative and Nonperturbative Solutions Appearing in the Theory of Spontaneous Breakdown of Symmetries (場の理論における自発的対称性のやぶれによって現われる種々の解の安定性) (主 査)
論文調査委員	教 授 湯 川 秀 樹 教 授 小 林 稔 教 授 松 原 武 生

論 文 内 容 の 要 旨

最近、場の理論においても、ある対称性をもった力学方程式の固有解が必ずしも、もとの方程式の対称性を満している必要がないことから、“対称性の自発的なやぶれ”が起こるという主張が注目を引いている。著者は主論文において場の理論における簡単なモデル（南部，Glashow-Baker）について、この種の現象を分析し、異った対称性をもったいくつかの解の中から安定な解（物理的に意味のある解）を一意的にえらび出す条件を求めている。一般に異なった対称性をもつ固有解は異なったヒルベルト空間（物理的世界）を構成するが、それぞれの空間での二体散乱振幅の解析性を調べて ghost 状態を生じないことを要求すれば、安定解が一意的にえらび出せることが結論されている。上記のモデルの場合には、散乱振幅の S 波は全運動量の不変平方の函数として、ひとつの極をもち、boson または fermion の準位に対応させることができる。そこで物理的に意味のある解は、質量が純虚数でないという意味で安定なボース（またはフェルミ）励起をもつと要求すると、一意的に安定解がえらび出せることが具体的に示されている。たとえば南部のモデル（ γ_5 変換に対して不変な四体フェルミオンの直接相互作用）では結合定数が適当に大きくなれば有限質量 m_0 をもち、 γ_5 変換に対して不変でない解があらわれるが、二体散乱の S 波の振幅を調べると、このような non-trivial な解が存在するときには、摂動解には $i\sqrt{2}m_0$ の質量をもつ ghost が生じることが示されている。つまり著者の判定条件によれば non-trivial な解が可能な時には常に摂動解は不安定になることが分かる。このことから大久保—Marshak の予想したような、non-trivial な解と trivial な解をともにうけいれて、軽粒子および重粒子の世界に対応させる可能性は存在しないことが結論されている。Baker—Glashow のモデル (isodoublet) についても同じ結論が確認されている。特にダブルレットをつくる場の質量 m_1, m_2 について $m_1 \neq m_2$ (キロ) の安定解は存在しないことが示されているが、この結論は最も対称性の低い解が安定であろうという Glashow—Baker の予想に対し否定的な解答になっている。

参考論文 1 では B.-S. 振幅に対する Wick の積分表示を異常しい値を含む場合に拡張した垂直表示

を導入し、梯子近似の範囲ではS波に対し、この表示が一般的に成立することが証明されている。

参考論文2では、グリーン函数の一価性と自由エネルギー最小の原理から超伝導リング中の磁束の量子化現象が簡単に導かれることが示されている。

参考論文3は、超伝導体内の集団運動がランダムに分布した不純物原子系による散乱のために、どのような影響をうけるかを、グリーン函数の理論方式を用いて調べたものである。

参考論文4は、場の理論の枠内で、基底状態の安定性の要求だけから結合定数の許されうる上限を決定することが、簡単なモデルについては可能であることを指摘したものである。

参考論文5は、超伝導体内の永久電流が不純物による散乱で、どのように乱されるかをグリーン函数を用いて分析する一般形式を与えたものである。また、強い磁場の下では励起スペクトルにギャップをもたない超伝導状態の可能性、条件についても分析されている。なほ、この種の一般理論を実験的に検証する系としての、強い磁場内での超伝導薄膜の振舞いについての分析は参考論文6, 7で与えられている。

参考論文8は、内容的には6, 7の一般化で超伝導薄膜の磁場内での振舞いを記述するグリーン函数に対する方程式が、一般のベクトル・ポテンシャルの下で解きうる場合のあることを示し、あらゆる温度での秩序度およびギャップが磁場の函数として与えられている。

論文審査の結果の要旨

場の量子論、特に量子電気力学および中間子論は、大きな成果をあげてきているにもかかわらず、発散の困難にともなった理論の内部矛盾や、関与する粒子の質量、相互作用の形および強さをア・プリオリに与える原理の欠如などのために、到底満足できるものとは言えなかった。特に第二の点に関しては、最近の多数の新粒子、励起準位の発見にともなって事情はますます複雑になってきているように思われる。このような状況の中で、こうした粒子の示す多様で複雑な現象を、もっと単純な力学原理から統一的に導き出そうという試みがいくつかなされてきている。

最近、場の理論においても、ある力学方程式が与えられた時、その固有解は必ずしももとの方程式のみたしている対称性をもつ必要はないという点を根拠とする対称性の自発的やぶれの理論が問題になっている。この種の事情は統計力学では相転移に関連して古くから知られていたが、超伝導におけるB.C.S.理論からの類推を用いて、南部は場の理論の問題に始めてこの考えを適用した。その後このようなやり方は多くの人達によって種々の問題に適用されているが、一般にいえることは、一つの力学方程式の固有解として、それぞれ異なった対称性をもったいくつかの解が得られることである。それぞれの解から、それぞれ一つのヒルベルト空間（物理的世界）を構成することができるが、それぞれの空間はお互いに直交していて、相互間の遷移確率は0になることがいえる。こうした場合一番重要な問題は、このような多くの解の中から、安定解をどのようにしてえらぶかである。一つの方法として真空エネルギーを比較するやり方がよく用いられているが、この条件はもし意味があるものとしても、十分条件にしかならないものと考えられる。

著者は主論文で二粒子の散乱行列の解析性をそれぞれの空間で調べ、ghost状態が発生しないという条件をおくることによって、安定な解を一意的にえらび出すことができることを簡単なモデル（南部およびGlashow-Baker）について具体的に示し、同時に従来漠然と想像されていた問題に対して明快な解答を与

えている。要するに著者の得た結果は、きわめて錯雑した、この種の問題の解明に重要な寄与を加えたものとして高く評価することができる。

参考論文 7 編の中の 2 編は場の量子論に関するものであるが、他の 5 編は場の理論に関連して開発されてきたグリーン函数、積分表示等の技術を物性論の諸問題、特に超伝導の問題に適用したもので、いずれも価値ある結果が得られている。中でも参考論文 6, 7, 8, では、強い磁場の下での超伝導薄膜の振舞についての理論的分析が一般理論形式から実験的に検証可能な具体的結果にわたって周到に展開されており、ギャップをもたない超伝導状態の可能性と、その条件等の注目すべき成果が含まれている。これらの諸論文は著者の研究が、場の理論に限らず理論物理学の広範な分野にわたってきわめて多産的であることを示している。

以上のことから、この論文は理学博士の学位論文として十分価値があるものと認定する。