

氏 名	井 上 卓 夫
学位の種類	理 学 博 士
学位記番号	理 博 第 507 号
学位授与の日付	昭 和 53 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 第 二 専 攻
学位論文題目	Instantons and Restoration of Symmetries (インスタントンと対称性の回復)

(主査)
論文調査委員 教授 田 中 正 教授 町 田 茂 教授 玉 垣 良 三

論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は場の理論の立場からハドロン構成子クォークを、ハドロン内部に閉じこめることを最終目標にして、それへの基礎的、準備的研究を意図するものである。そこで描かれている描像を直感的にいうと、ハドロン内部においてはクォークを結合される役割をになうグルオン場（ベクトル型 ゲージ場で記述される）が超伝導体メカニズムによって、1次元ストリング状にしぼられると期待している。この超伝導体的な状態をひきおこすひき金の役割をするのが Higgs のメソンである。このメソンは一般にアイソ・テンソル場で記述されており、現象論的に導入される特殊な非線形相互作用によって、静的近似の下では基底状態においても場の期待値が有限値をもつことになる。このとき基底状態はアイソ空間内で方向性をもつことになって、系のもつはじめのアイソ空間における回転不変性を自発的に破る一方、この Higgs の場と相互作用するグルオン場は質量を付与されて、超伝導体的状態が作り出される。

申請論文は、上述の議論の基礎になっている静的近似からはなれて、より高い近似としてインスタントン効果なるものを考慮に入れると、より真に近い基底状態が導かれ、そこでは、Higgs 場の期待値は零となってアイソ空間の回転不変性が回復する一方、グルオン場の質量は有限にとどまっているという重要な結果を導いた。このインスタントン効果のとりいれとは、これまでの Higgs 場に対する静的近似での定数解にかわって、時間成分を虚数にした場の方程式のユークリッド的古典解、いわゆるインスタントン解を採用することを意味する。実際、種々の量の基底状態での期待値を計算するのに径路積分の方法が用いられるが、その際作用積分中の時間成分を Wick ー 回転によって虚軸上に移し、そこへ上述のインスタントン解を鞍部点法的にそう入する。この近似においては、さきの静的近似の下での、アイソ空間内に方向性をもった基底状態はもはや安定ではなくなり、Higgs 場の相異なる期待値に対応する無限に縮退した基底状態の間にトンネル効果的転移が現れる。申請論文はこうして実現されるより真に近い基底状態においては、Higgs 場自身の期待値は零となってアイソ空間の回転不変性が回復する

一方、Higgs 場の 2 乗の期待値は有限にとどまり、従ってグルオン場は有限質量をもち続けることを明らかにした。

上述の作用積分を有限にするインスタントン解としては、2 次元時空の場合の Nielsen-Qlsen による渦糸解、3 次元時空の場合の t'Hooft によるモノ・ポール解が知られており、申請者はこれらの場合について上述の結果を導いた。さらに申請論文は、次元解析的方法によって、4 次元時空の場合、インスタントン解のサイズは零となることを示し、そのもつ物理的意味について論じている。

論文審査の結果の要旨

申請論文は今日のゲージ場の理論の中で重要な役割をはたしている Higgs の機構が、インスタントン効果と呼ばれるより高い近似のとりいれによってどのような変化を受けるかを明らかにした。Higgs の機構は場の理論の立場からハドロン構成子クォークをハドロン内部に閉じこめるのに重要なかわりをもっている。そのかなめの役割をする Higgs のメソン場は、一般にアイソ・テンソル場で記述され、そこに持ちこまれる固有な非線形相互作用によって、基底状態においてもその期待値は有限となる。そのため基底状態はアイソ空間内で方向性をもつことになり、系のもつ回転不変性を自発的に破る一方、クォークを結合させる役割を果たすグルオン場に有限質量を与える。しかしこの議論では、Higgs 場に対して静的定数解の近似がとられている。申請論文はこの静的近似からはなれて、時間成分を虚数に変えた場の方程式のユークリッド型古典解、いわゆるインスタントン解を採用する。その結果、一種のトンネル効果が生じてさきに述べたアイソ空間内に方向性をもった無限に縮退した基底状態が重ね合わされ、より真に近い基底状態が実現される。

申請論文は上述のインスタントン解を考慮した経路積分の方法を駆使することによって、より真の基底状態においては Higgs 場自身の期待値は消えて系のもつアイソ空間の回転不変性が回復される一方、これとは矛盾なく Higgs 場の 2 乗期待値は有限にとどまり、その結果グルオン場の質量も有限に保持されるという注目すべき結論を導いた。

ここに得られた結果は、場の理論の立場からクォークをハドロン内に閉じこめるという最終目標にむけての基礎的研究成果であり、この分野の進歩に重要な寄与を与えるものと言うことができる。

よって、本論文は理学博士の学位論文として価値あるものと認める。