

論文審査の結果の要旨

氏名 鶴丸豊広

本論文は5つの章からなっており、最初の章は序章、第2章では非可換ゲージ場に関するいわゆる Faddeev-Niemi 分解の説明に当てられている。第3章はインスタントン解と場の変数の特異性の関連を述べ、第4章では Skyrme-Faddeev 模型と呼ばれる理論と Hopf ソリトンと呼ばれる解について述べられている。第5章は結論と今後の展望に当てられている。第3章と4章が本論文の中心をなすものである。

まず第2章では、Abel 的な射影と呼ばれる非可換ゲージ場 (Yang-Mills 場) の成分を Abel 的なゲージ場とその他の補助的な変数に分解する処方を説明している。この分解は、過去においては、いわゆるクオークの閉じ込めの議論において考えられたものである。この Abel 的な射影という観点からすれば、最近の Faddeev-Niemi 分解と呼ばれるゲージ場の変数の分解は、その特殊なしかも過去に考えられたものとはかなり異なる分解であることおよびこの分解の一般性が示されている。この分解は、ゲージ場が運ぶ成分の中ゲージ自由度に関する成分を大部分除去 (固定) したものであることが強調されている。

第3章では、Yang-Mills 場がインスタントン解を含む場合には上記の Faddeev-Niemi 分解を適用すれば必然的に磁気単極子の自由度がゲージ場に含まれるという主張を具体的に議論している。この関連は過去においても異なる視点から一部考察されていたものであるが、現在の分解では必然的であるというのが論文提出者の主張である。まず論文提出者は現在のゲージ場の分解においては磁気単極子は提出者がソリトン数と呼ぶ位相的な不変量に関係して現れることを示す。次に、この磁気単極子が運ぶ磁荷がゲージ場が運ぶインスタントン数に比例していることを議論する。具体的には、 ν をインスタントン数 m を磁気単極子が運ぶ磁荷、 Φ を閉じた軌道を描く磁気単極子が作り出す電束として

$$\nu = m \frac{\Phi}{2\pi} \quad (1)$$

という関係式が成立することを議論し、Witten がかって提案したインスタントン解の表式を用いて、この関係式を証明している。特に Φ が整数に量子化されることを示している。上記の公式は本論文提出者が共同研究者と共同で最初に示したものであり、本論文の中心部分をなすもので

ある。この公式の物理的な解釈としては、インスタントンが4次元空間で生じて消えるという過程は磁気単極子の言葉でいうと、単極子と反単極子が真空中で対創生されてしばらく走った後に対消滅するという描像を与えている。

第4章では、Skyrme-Faddeev 模型と呼ばれるQCDの低エネルギーでの有効相互作用に現れるグルーボールの自由度を表すと思われる解と過去から良く知られているSkyrme 模型に現れるバリオンを表すソリトン解のエネルギーの間に興味のある不等式が成立することを示している。これは、将来QCDおよびそれに関する実験において興味のある示唆を与えるものである。

このように本論文では興味のある物理的な結果が得られている。なお、本論文は筒井泉および藤井亮両氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析を行ったものであり、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。