

Title	Properties of the Chern-Simons-Higgs Solitons
Author(s)	西川, 武一郎
Citation	大阪大学, 1993, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/38087
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	にし かわ たけ いち ろう 西 川 武 一 郎
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学位記番号	第 10588 号
学位授与年月日	平成5年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 理学研究科物理学専攻
学位論文名	Properties of the Chern-Simons-Higgs Solitons (Chern-Simons-Higgs ソリトンの性質)
論文審査委員	(主査) 教授 吉川 圭二 (副査) 教授 大坪 久夫 教授 高杉 英一 助教授 佐藤 行 助教授 糸山 浩 助教授 窪田 高弘

論 文 内 容 の 要 旨

2次元における回転群の性質より、 $2+1$ 次元時空では、粒子のスピンに対する制限はない。このことから、 $2+1$ 次元ではフェルミオンでもボソンでもない粒子の存在が予測され、このような粒子はエニオンと呼ばれている。もう1つの $2+1$ 次元時空における特徴は、 $3+1$ 次元時空におけるカイラル・アノマリーに対応するパリティ・アノマリーの存在である。これを特徴づける量として、Chern-Simons (CS) 項が挙げられるが、CS項を運動項とするゲージ場と、物質場が相互作用しているような系では、粒子はエニオンのように振舞うことが知られている。またCS項はマクスウェル項に比べて微分の次数が低いので、低エネルギー領域で重要になってくる。このことから、CS理論は $2+1$ 次元特有の性質を持つモデルで、低エネルギー領域においてその特徴は顕著になると考えられる。量子ホール効果や高温超伝導などの現象は、電子が平面的に配置されている物質中で観測されているが、CSモデルはこれらの現象を説明する有効理論となる可能性がある。

この論文ではChern-Simons-Higgsモデルについて調べるが、これは通常のHiggsモデルに含まれるマクスウェル項をCS項で置き換えたモデルでHiggs場は $U(1)$ ゲージ場と相互作用している。このモデルでは、CS項の力学的な寄与により、荷電ソリトンが存在することが知られている。また、特にHiggsポテンシャルを適当に選ぶと、ソリトン解はSelf-Duality方程式の解(Vortex解)として与えられるが、この解はソリトンの位置に指定することによって、ゲージ変換の自由度を除いて一意的に定まることが分かる。

この論文の目標の1つは、ソリトンの位置を指定するパラメーターを力学変数だと考えて、ソリトンの運動を点粒子的な描像で記述することである。これは集団座標の方法によって実行できる。E.TomboliusとG.Wooは、この方法を荷電ソリトンの存在する系に適用している。しかし、彼らの処方では集団運動によってソリトンの電荷密度が変化してしまうため、集団運動はソリトンの運動に対応しない。そこで、この論文では、集団運動によって電荷密度の形が保たれるような処方では集団座標を抜き出すことにより、ソリトンの運動を記述するハミルトニアンを導出した。このハミルトニアンから、ソリトンはもとのHiggs場と同様に、CSゲージポテンシャルと相互作用しており、エニオンのような振舞いをする事が確かめられる。

この論文のもう一つの目標は、ソリトンのスピンを考察することである。これは、ソリトンを自転させたときの波動関数の位相の変化を評価することにより求めることができる。ここでは、経路積分表示を用いてこの位相を評価し、ソリトンが分数スピンを持つことを示した。またこのスピンはCS項がゲージ変換によって表面項だけ変化すること

が原因で生じることがわかった。ただし、生じたスピンはゲージ不変であり、さらに、ソリトンにおいても通常のスピ
ンと統計の関係が正しく成立していることも確認できた。

論文審査の結果の要旨

西川君は、 $2 + 1$ 次元時空の Chern-Simons-Higgs 理論において現われるソリトンがエニオンになることを示し、
その量子力学的な性質について詳細な研究を行った。この結果は、それ自体物理上の価値も高いが、常温超伝導のモ
デルとして応用の可能性もある。よって博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。