

論文審査の結果の要旨

氏名 広野 雄士

本論文は本文6章、付録2章よりなる。第1章は、論文全体の導入と動機の説明である。第2章では、強い相互作用の基礎理論である量子色力学(QCD)を概説し、低温・高バリオン密度におけるQCDからの理論予言であるカラー超伝導について、ギンツブルグ・ランダウ理論に基いた説明を与えている。第3章は、カラー超伝導体中の渦解の安定性について先行研究をレビューし、特に、カラーあるいはフレーバーに依存した巻き付きに対応した「非可換量子渦」と呼ばれる配位が、最も安定な渦解の候補であることを簡明に解説している。

第4章、第5章が論文提出者のオリジナルな研究成果の報告である。第4章では非可換量子渦上のボソンの励起である「orientational zero mode」の低エネルギー有効理論を構築し、カラー超伝導体中の様々な準粒子との相互作用を書き下している。応用として光子と渦との相互作用を詳しく議論し、その強さが光子の偏極に強く依存することを見出した。このことは光子と相互作用する荷電励起が渦上のみ存在できるという議論から、直感的にも理解できる。従って、電磁波がカラー超伝導の渦結晶物質を通過してきたとすると、透過波は渦と直交する向きに偏極していると期待され、渦結晶は「偏光物質」として振る舞う。天体物理学への応用を念頭において、典型的な中性子星の密度・サイズに対して、このような偏光現象の起こり得る光子波長の下限にも簡単な定量的評価を与えている。

第5章は非可換量子渦の統計性についての解析である。2つの渦を交換する操作で、渦をそれぞれに取り囲むように移動させると、元の状態に戻るとは限らないので、ボソンでもフェルミオンでもない「エニオン」と呼ばれる統計に従うことになる。非可換量子渦の配位がN個のマヨラナ・フェルミオンを伴い、それらがクリフォード代数に従うとすると、N=3の簡単な場合には、交換操作の具体的表現がコクスター群を成していることが先行研究で知られていた。本論文では、一般のNおよび任意の本数の渦を含むような系に対しても同様の代数構造を拡張でき、特にN=1の場合の表現とコクスター群の表現とのテンソル積で書けることを見出した。

これらの結果は、新田宗土氏、板倉数記氏、安井繁宏氏、衛藤稔氏との共同研究に基いたもので、既に学術雑誌に出版されているが、全ての論文について論文提出者が主体的に研究を進めてきたと判断できる。したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。