

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	QCD和則によるバリオン密度/磁場環境下のヘビーハドロンの性質
Title(English)	Heavy hadron properties in baryonic/magnetic background by QCD sum rule technique
著者(和文)	鈴木 溪
Author(English)	Kei Suzuki
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9704号, 授与年月日:2015年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡 真,伊藤 克司,山口 昌英,柴田 利明,肥山 詠美子
Citation(English)	Degree;, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9704号, Conferred date:2015/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第		号	学位申請者氏名		鈴木 溪	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	岡 真		教授		肥山 詠美子	連携准教授
	審査員	伊藤 克司		教授	審査員		
		山口 昌英		教授			
		柴田 利明		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

原子核中の核子を束縛する力を代表とする素粒子の強い相互作用は、カラー電荷を結合定数とするゲージ場の理論である量子色力学（QCD）を基本理論とする。ハドロンは QCD の構成要素であるクォークとグルーオンからできているが、ハドロン中のクォークやグルーオンは QCD のカラーの閉じ込め機構によって束縛されていて直接観測することができない。また QCD の基底状態である真空は軽いクォークと反クォークの対凝縮やグルーオンの凝縮を伴っている複雑な量子状態であることが分かっている。これらの QCD の性質は、カラーSU(3)対称性に基づくゲージ場の理論において、有効結合定数が低エネルギーで増大して強結合系となるために引き起こされる。したがって、低エネルギー現象におけるハドロンのダイナミクスは摂動論による計算が許されない領域にあるため、非摂動的效果を取り入れた解析が必須である。

本博士論文は、「Heavy hadron properties in baryonic/magnetic background from QCD sum rule technique（QCD 和則によるバリオン密度／磁場環境下のヘビーハドロンの性質）」と題し、チャームやボトムなど重いフレーヴァーのクォークを含むハドロンが、有限バリオン密度や有限磁場などの外場環境下でどのように変化するかを、QCD 和則法を用いて解析した結果をまとめたものである。QCD 和則法は、QCD におけるハドロンの質量や結合の強さなどの物理量を、非摂動効果である真空における場の凝縮を取り入れて理論的に計算する枠組みである。

論文は三部構成となっている。第一部「Historical overview of related physics」は本課題に関連する既存の研究の現状報告に当てられている。

第 1 章「Introduction and QCD review」では、研究の動機と背景、基本原理である量子色力学(QCD)と関連するゲージ対称性、カイラル対称性などの概念を紹介し、本論文の構成について述べている。

第 2 章「Foundation of QCD sum rules」では、QCD 和則法の導入、真空中の場の凝縮など、本論文で用いる方法の詳細を解説する。

第 3 章「QCD at finite baryon density」では、有限バリオン密度における QCD 和則の定式化を行う。有限密度効果は、クォークやグルーオンの凝縮の密度依存性として取り入れられる。

第 4 章「QCD in external magnetic field」では、重イオン反応やコンパクト星などにおける有限磁場中での QCD の真空やハドロンの性質に関する最近の研究の動向を紹介する。クォーク凝縮やハドロンの性質の変化が予想されるなど、現在、本分野の注目の課題であることが説明されている。

第二部「QCD sum rules in extreme environments」では、本論文の主要な成果を提示する。

第 5 章「QCD sum rules for D meson in finite baryon density」では、チャームクォークを含む D 中間子とその反粒子の性質を QCD 和則により解析する。ガウス変換を用いた新しい和則を用いて既存の計算よりも精度を高める工夫をし、スペクトル関数を直接求めることができる最大エントロピー法を適用した。さらに粒子と反粒子を別ける射影法を導入した。その結果、D と反 D 中間子は密度の増加に伴って質量が増大するが、反 D 中間子の方が D 中間子よりもクォーク凝縮の効果を強く受けていることが明らかになった。この結果は、QCD から直接得られた結果としては世界初で、非常に興味深い。

第 6 章「QCD sum rules for D meson in external magnetic field」では、磁場中での QCD 和則を用いて、D 中間子の電荷の異なる状態がそれぞれどのようなスペクトルを与えるかを解析する。物理的には、D*状態とのスピン混合および荷電 D 中間子のランダウ準位効果に注目している。結果としては、荷電 D 中間子の質量が磁場に伴って増大することを示し、この現象は物理的描像と一致することを明らかにした。一方で中性 D 中間子の結果が物理的な理解とは異なることが明らかになり、これは D 中間子のクォーク構造の効果と QCD 和則における展開が不十分なことから来るものと結論した。

第 7 章「QCD sum rules for B and η_c mesons in external magnetic field」では、6 章で与えた手法を B 中間子および人工的に電荷を持たせた重い η 中間子に適用した結果を報告し、定性的には D 中間子と同様の結果であることが明らかになった。

第三部は結論の章として、第 8 章「Conclusion and outlook」において、本論文の結論が述べられている。

以上、本論文はハドロン物理の喫緊の課題である、有限密度、有限磁場中でのハドロンの性質について、基本原理に基づいた新規な解析結果を示したもので、本分野の発展に重要な寄与をする成果である。研究内容の独創性、本人の研究への寄与と理解も認められ、博士（理学）として十分な内容である。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。