T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	QCD和則による真空と核物質中でのハドロンスペクトル関数の解析
Title(English)	Spectral Functions of Hadrons in Vacuum and Nuclear Matter from QCD Sum Rules
著者(和文)	大谷圭介
Author(English)	Keisuke Ohtani
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9949号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡　眞,武藤　一雄,肥山　詠美子,今村　洋介,柴田　利明
Citation(English)	Degree:, Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9949号, Conferred date:2015/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	基礎物理学　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　理学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	大谷圭介	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	岡眞
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	武藤一雄

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

クォーク、グルーオン間の強い相互作用は量子色力学（ＱＣＤ）によって記述されるので、それらの粒子によって構成されているハドロンの性質もＱＣＤから理解することが可能である。しかしながら、ハドロンが存在するエネルギー領域では結合定数が大きくなるため摂動論が適用できなくなり、ハドロンの性質を直接ＱＣＤから調べるのは困難になる。また、この強い相互作用による非摂動論的な効果によりカイラル対称性の自発的破れが引き起こされる。このため質量の小さいライトクォークを含むハドロンはカイラル対称性が自発的に破れていることによる影響を受け、その結果として、ハドロンの性質はより複雑になる。カイラル対称性の自発的破れとハドロンの性質の間の関係はいまだ完全には理解されておらず、この関係を調べるために理論、実験両方で研究が精力的に行われている。核物質中ではカイラル対称性が部分的に回復し、それに伴いハドロンの性質も変化することが指摘されているので、核物質中でのハドロンの性質を調べる事により、カイラル対称性の自発的破れとハドロンの性質の間の関係を調べることが可能になる。真空中と核物質中でのハドロンの性質をＱＣＤから調べる事はハドロン物理学の重要なテーマのうちの一つである。

本論文では、ＱＣＤ和則を用いて真空及び核物質中でのφメソン、核子とその負パリティの励起状態の性質を調べた。ＱＣＤ和則は非摂動論的な解析手法の一つで、ハドロンのスペクトル関数を通してハドロンの性質が調べられる。この解析手法はこれまでに多くのハドロンの性質を調べる研究に応用されてきており、多くの研究がハドロンの性質を再現することに成功しているが、一方で解析手法の問題点もいくつか指摘されている。これらの問題点を改善するために、私達は解析方法を発展させ、Gaussian sum rule とパリティ射影された phase-rotated Gaussian sum rule を核子のチャンネルで初めて構築した。φメソンの解析については、従来の研究では考慮されていなかった高次項を取り入れることで解析の精度を向上させた。また和則の構築方法以外では、ハドロンスペクトル関数の情報を引き出す際に最大エントロピー法（ＭＥＭ）を用いることで、従来の研究よりもモデル依存性を抑えた解析を行った。

結果としては、真空中での核子の性質を Gaussian sum rule を用いて調べた解析では、従来の解析で使用されていたボレル和則よりも多くの情報を引き出すことに成功し、核子の interpolating field と基底状態及び励起状態との結合の仕方について議論した。また、この解析を通して Gaussian sum rule の有用性と核子のチャンネルにＭＥＭが適用可能である事も示した。パリティ射影された phase-rotated Gaussian sum rule を用いた解析では、核子とその負パリティの励起状態の性質を調べることに成功した。問題が指摘されていたα_s補正の寄与を抑えたうえで解析を行うために位相を含んだ積分核を使用した。構築した和則の真空中での振る舞いは、カイラル対称性の自発的破れによる寄与が支配的であり、正負パリティ状態のスペクトル関数の違いも主にこの寄与によって引き起こされているものであった。ＭＥＭを用いて正負パリティそれぞれのスペクトル関数を導出した。核物質中での和則の振る舞いから、カイラル対称性の自発的破れの秩序変数であるスカラー型のクォーク凝縮だけではなくベクター型のクォーク凝縮も核子とその負パリティ励起状態の核物質中での性質に関係していることがわかった。真空中での解析と同様にＭＥＭを用いてスペクトル関数を導出し、核物質の密度を変化させていくことにより性質の密度依存性を調べた。正パリティの核子スペクトル関数の密度依存性から、核子のエネルギーは密度にほとんど依存せず、ピークの高さが強く依存することがわかった。一方で、負パリティの核子のスペクトル関数の密度依存性からエネルギーとピークがほとんど密度に依存しないことが分かった。これらの結果は、パリティの違いによってベクター型のクォーク凝縮からの寄与が異なるために引き起こされたものであった。また、ハドロン自由度の有効モデルで用いられている有効質量やベクター自己エネルギーの密度依存性も得られたスペクトル関数から見積もった。最後に、解析に使用したパラメータの値の不定性による結果への影響について議論した。核物質中でのφメソンの解析では、ＭＥＭを用いてスペクトル関数を導出し質量の密度依存性を調べた。φメソンのＱＣＤ和則の密度依存性が主に核子中のストレンジネス要素の値によって決められることを利用し、媒質効果によるφメソンの質量の変化と核子中のストレンジネス要素の関係を調べることに成功した。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	基礎物理学　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　理学　）
学生氏名： Student's Name	大谷圭介	指導教員（主）： Academic Advisor(main)	岡眞
		指導教員（副）： Academic Advisor(sub)	武藤一雄

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

The strong interaction between quarks and gluons is described by the Quantum Chromodynamics (QCD) and thus the properties of the hadrons which are made of quarks and gluons are also understood from QCD. However, it is difficult to investigate the hadron properties directly from QCD because one can not apply the perturbative methods to their calculations due to the large coupling constant. Additionally, the light hadrons are affected by the spontaneous breaking of the chiral symmetry, and as a result, their properties become more complicated. The relation between the hadron properties and the spontaneous breaking of the chiral symmetry is not understood completely. The relation can be studied from the in-medium hadron properties since it is pointed out that the chiral symmetry is partially restored in the nuclear matter and its restoration affects the hadron properties. The investigation of hadron properties in vacuum and nuclear matter from QCD is one of the important subjects of the hadron physics.

In this thesis, the properties of the phi meson, nucleon and its negative parity excited state in vacuum and nuclear matter are investigated from QCD sum rules. The QCD sum rule is one of the non-perturbative methods and has been applied to the analyses of many hadronic channels. Although many studies successfully reconstruct hadron properties, there are pointed out some problems. We develop and construct the parity projected Gaussian sum rule and phase-rotated Gaussian sum rule in the nucleon channel to remedy these problems.

As a result, we derive the information on both the nucleon and its negative parity excited states in vacuum and nuclear matter. The sum rules show some interesting features (1) that the difference between the positive and negative parity states are caused by spontaneous breaking of the chiral symmetry and (2) that their in-medium properties are strongly related to the density dependence of the scalar and vector quark condensates. As for the phi meson properties in medium, we obtain the relation between medium modification of the phi meson and the strangeness content of the nucleon.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).