

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Novel non-perturbative analyses of QCD spectral functions
著者(和文)	荒木賢志
Author(English)	Kenji Araki
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10393号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:岡 眞,伊藤 克司,今村 洋介,肥山 詠美子,陣内 修
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10393号, Conferred date:2017/3/26, 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	荒木 賢志	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	岡 眞	教授	陣内 修	准教授
	審査員	伊藤 克司	教授		
		今村 洋介	准教授		
肥山 詠美子		特任准教授			

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

強い相互作用の基礎理論である量子色力学(QCD)は低エネルギーでの相互作用が強く、基底状態である真空がクォーク凝縮やグルーオン凝縮などの強い相関を含み、複雑なダイナミクスに支配されていることがわかっている。QCD のスペクトルを調べる上で強力な手法として、相関関数の解析的な計算手法がある。本論文ではその中で、真空中のクォークやグルーオンの凝縮とスペクトルの関係を与える QCD 和則と呼ばれる方法について、いくつかの重要な新しい手法を用いた改良を提案し、その有効性を示している。

本論文は“Novel non-perturbative analyses of QCD spectral functions”と題し、本文7章、補遺6章からなる。第1章“Introduction”では、QCD の構成と対称性などの基本的性質についてまとめるとともに、本論文の構造を紹介する。第2章“Basics of QCD Sum Rules”では、QCD 和則の方法について、基本的な考え方、標準的な問題点と解法について解説している。

第3章“Operator Product Expansion in Covariant Gauge”では、QCD 和則の根幹をなすハードモードとソフトモードの分離(演算子積展開)の考え方とその方法を示し、ソフトモードにおける非摂動的効果の役割について考察を加えている。共変ゲージにおける演算子積展開の具体的な手法を整理し、ファインマン図のクォークラインをどのようにしてクォーク凝縮とハードパートの係数に分けることができるかを具体例によって示している。

第4章“Development of Complex Borel Sum Rules”では、QCD 和則からスペクトル関数を求める際に、従来の手法では励起状態の情報を取り出せなかった点を改善するために、ボレル変数を複素化することによって、取り出せる情報量を増やすことができることを指摘した。この新しい手法をファイ中間子の有限温度スペクトルに適用し、励起状態の情報が実際に得られることを示した。

第5章“Charmonia at Finite Temperature from Complex Borel Sum Rules”では複素ボレル法を有限温度のチャーモニウムスペクトルに適用し、有限温度の媒質中でのチャーモニウムのスペクトル変化が基底状態だけではなく励起状態でもほぼ同様の温度で起こっていることを示した。チャーモニウムの励起状態を分離した計算は世界でも初めての結果である。

第6章“Infinite Series in the Operator Product Expansion”では、演算子積展開の高次項でクォーク凝縮の冪乗を含む項を解析的に計算した上で、級数和としてまとめて表すことを試みた。ダイソン・シュウィンガー方程式において、ソフトモードを分離する手法によって、経験的に得られた級数和が導かれることを示した。このような高次項の和の取り方はこれまで行われてこなかったものである。解析的な性質から、ベクトルや軸性ベクトルメソンの相関関数では有限質量の極に対応する相関関数が得られることが解った。一方、擬スカラーメソンではカイラル対称性による南部ゴールドストーンボソンの出現に対応して、質量項が現れない。この結果と対称性の関係は明らかではないが、非常に興味深い結果と言える。

第7章は結論とまとめに当てられている。

以上、本論文は QCD のスペクトル関数の解析に、これまでにない新しい方法を導入して、新しい知見を得たもので、候補者の学術的能力と見識の高さを示した。博士(理学)にふさわしい十分な論文である。