

令和元年6月9日現在

機関番号：12301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17607

研究課題名（和文）相互作用する場の量子論の系のスペクトル解析・散乱理論

研究課題名（英文）Spectral-scattering theory for interacting systems of quantum fields

研究代表者

高江洲 俊光 (Takaesu, Toshimitsu)

群馬大学・大学院理工学府・准教授

研究者番号：10614042

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,100,000円

研究成果の概要（和文）：相互作用する場の量子論の系の研究成果として、静的な源と相互作用する Klein-Gordon場の古典場の方程式の解の構成およびボース場が相互作用する系の任意の結合定数での基底状態の多重度の評価に関する研究結果を得た。また、投稿中であった量子電磁力学の系の基底状態に関する論文および準相対論的な粒子と Klein-Gordon場が相互作用する系のスケーリング極限に関する論文の revise も行い、それぞれ出版された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

量子化された場から古典場の方程式を構成できた研究成果は、場の量子論の系における古典・量子対応の数学的に厳密に成り立つ1つの研究成果と位置づけられる。masslessな量子場が相互作用する系では、基底状態エネルギーは埋蔵固有値なるため離散固有値のように一般論は直接は応用できないが、任意の結合定数で基底状態の性質を調べることができた点に今後の発展性がある。また、準相対論的な粒子が従う相対論的シュレディンガー方程式は分数べきラプラシアンであり、そのような分数べきの微分作用素の場合にもスケーリング極限によって effective potential が導出できたことに重要性がある。

研究成果の概要（英文）：I obtained the results of a construction of solutions of the classical field equation for a massless Klein-Gordon field coupled to a static source, and an evaluation of the multiplicity of ground states for an interacting Bose field. In addition, I revised the papers, that had been under submission, of the ground state of the system of the quantum electrodynamics and the scaling limit for semi-relativistic particle system coupled to a Bose field. These papers were published.

研究分野：数理物理学

キーワード：相対論的場の量子論 ヒルベルト空間論 スペクトル解析・散乱理論

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1990年代中盤以降、粒子と量子場が相互作用する系のスペクトル解析および散乱理論の研究が進展した。特に粒子は非相対論的な場合の研究が進展した。

2. 研究の目的

本研究課題の申請時における当初の研究目的は、相互作用する場の量子論の系で、特に相対論的な系のスペクトル解析・散乱理論およびその関連する項目について研究を進めていくことが目的であった。

3. 研究の方法

主にヒルベルト空間上の線形作用素論の手法で研究を進めた。古典場の方程式の解を構成する研究に関しては、偏微分方程式で用いられる実解析的手法も応用した。

4. 研究成果

(1)量子化された Klein-Gordon 場と static source が相互作用する系のハミルトニアンは、フーリエ変換した source function に紫外切断条件を課すと、ボソン・フォック空間上で下に有界な自己共役作用素になる。赤外正則条件を導入して定義されるユニタリー変換を用いて、場の作用素のハイゼンベルグ描像に対応する bilinear form が古典場の方程式の解となることを示した(T.Takaesu, Construction of solutions of the classical field equation for a massless Klein-Gordon field coupled to a static source, arxiv:1708.06167)

(2) ボーズ場が相互作用する系で、一般化された相互作用項を持つハミルトニアンは、相互作用項とボーズ場の消滅作用素の交換関係に関する条件と、相互作用の項に関する正則性に関する条件が成り立つもとの、基底状態が存在すれば、その多重度は任意の結合定数で有限となることを示した。またその応用として、一般化されたスピン・ボソンモデルについて考察し、前述の条件に対応する仮定の下で、基底状態が存在すれば、任意の結合定数で多重度は有限となることを示した。

(3) Dirac 場と量子輻射場が相互作用する系のハミルトニアンは紫外切断および空間切断を導入すると下に有界な自己共役作用素となるが、量子輻射場に赤外正則条件を課すと、任意の結合定数で基底状態が存在しその多重度は有限であるという投稿中であった論文の revise を行い、受理され出版された(T.Takaesu, Ground states of quantum electrodynamics with cutoffs, Journal of Mathematical Physics, **59**, (2018) 072301 (32 pages)).

(4) 準相対論的なシュレディンガー方程式に従う粒子と Klein-Gordon 場が相互作用する系の紫外切断を外すスケール極限により準相対論的な粒子の effective potential が導出されるという投稿中であった論文の revise を行い、受理され出版された(T.Takaesu, Scaling limits with a removal of ultraviolet cutoffs for semi-relativistic particles system coupled to a scalar Bose field, Journal of Mathematical Analysis and Applications, **477** (2019) 657-669).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計2件)

(1)T.Takaesu, Ground states of quantum electrodynamics with cutoffs, Journal of Mathematical Physics, **59** (2018) 072301 (32 pages) 査読有

(2)T.Takaesu, On the ground states of quantum electrodynamics with cutoffs, 京都大学数理解析研究所講究録, **2010** (2016) 89-92 査読無

[学会発表](計7件)

(1)T.Takaesu, Ground States of Quantum Electrodynamics with Cutoffs, International Congress on Mathematical Physics 2018 ; Young Researchers Symposium, McGill University (Montreal) 2018年7月

(2)高江洲俊光、相対論的量子電磁力学の系の基底状態の存在、量子群の周辺～低次元トポロジ

ーと表現論と作用素環論～、那覇市伝統工芸館、2018年3月

(3)高江洲俊光、相互作用する場の量子論の系の場の方程式と古典場の解について、スペクトル・散乱 葛飾シンポジウム、東京理科大学、2018年1月

(4)高江洲俊光、量子化された場からの古典場の方程式の解の構成について、2017夏の作用素論シンポジウム、伊勢市観光文化会館、2017年7月

(5)高江洲俊光、量子場と量子場が相互作用する系の基底状態について、数理物理セミナー、九州大学、2017年5月

(6)高江洲俊光、量子化された場からの古典場の方程式の解の構成について、三大学偏微分方程式セミナー、中央大学、2016年11月

(7)高江洲俊光、非同次型 massless Klein-Gordon 方程式の解の量子化された場からの構成について、神楽坂解析セミナー、東京理科大学、2016年10月

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<https://sites.google.com/site/gunma2017takaesu/>

6. 研究組織

(1)研究分担者：なし

研究分担者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

研究者番号(8桁)：

(2)研究協力者：なし

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。