

自己評価報告書

平成23年 4月 15日現在

機関番号：32612

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2012

課題番号：20540279

研究課題名(和文) 有限温度の非平衡場の理論における物理量の第一原理からの解析

研究課題名(英文) Study of the physical behavior in non-equilibrium field theories from first principles

研究代表者

青木 健一郎(AOKI KENICHIRO)

慶應義塾大学・経済学部・教授

研究者番号：00251603

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：場の理論, 有限温度, 非平衡

1. 研究計画の概要

この研究の目的は有限温度の場の理論における物理量のふるまいを第一原理より具体的に求め、それを理解することです。重イオン衝突、初期宇宙といった具体的な状況で生じる物理現象を念頭において研究を進めていく計画です。局所平衡、線型応答などといった仮定が、状況によってどの程度正しいのか第一原理より確かめることを行います。時間依存性のある非平衡系での物理量の振る舞いを解析します。さらに、粘性現象を場の理論で解析します。これらの研究では、仮定をおかずに第一原理から解析的な手法とシミュレーションを用いて研究していく計画です。

2. 研究の進捗状況

有限温度の非平衡系の理論的な研究でもっとも初期から存在する重要なモデルは FPU (Fermi-Pasta-Ulam) モデルであり、この分野で重要な役割を果たし続けてきました。その輸送係数は示量的な振る舞いを持たない特徴的な重要な性質を持っています。この性質は理論が平行移動に対し対称性を持っているために生じています。この対称性を破る運動方程式で線形な寄与をする項を入れた場合の振る舞いを解析しました。線形な項は相互作用を引き起こさないで、どのような影響を系の振る舞いに与えるかは明らかではありません。あらゆる温度と系の大きさについて熱伝導度を求め、その示量性の有無についても調べました。分析には数値的なシミュレーションと解析的な手法を併用しました。系の局所平衡が達成されているか、線型応答が成り立っているかも平衡近傍で分析しました。低温で示量性が回復される傾向が

得られました。これらの成果は査読付き論文として発表されています。

あらゆる有限温度の振る舞いの根本的な本質は揺らぎにあります。この揺らぎを直接測定することが近年可能になり、そのスペクトルが物質の物理的性質とどのように結びついているかを、数値的な手法と解析的な方法を用いて、三井隆久氏との共同研究で解明しました。これは既存の研究とは質的に異なり、画期的であると考えています。この成果の一部は査読付き論文として発表されており、さらに論文も準備中です。この研究はさらに新たな展開があると考えており、重点的に解析しています。

上で説明した成果以外にも、非平衡における場の理論での局所平衡と輸送の振る舞いを研究しており、これらの成果についても論文を作成しています。また、場の理論における粘性のふるまいの研究も、粘性をダイナミックスから第一原理より生じさせることに近付いています。

3. 現在までの達成度

おおむね順調に進展している。

(理由)

すでに、本研究に関する成果を査読付き論文として発表しており、現在準備中の論文も複数あります。特に、三井隆久氏と共同研究を行っている、有限温度における物質のゆらぎの直接測定の解析は、方向性として新しいものを作り出すことができたと考えています。それ以外の非平衡系の研究についても、成果を発表しており、さらに、現在も新しい結果が得られつつあります。

4. 今後の研究の推進方策

有限温度の揺らぎの直接測定を解析する研究は重点的に行っていく方針です。この研究は新たな方向性を持つため、研究すべき内容が多くあります。また、有限温度の揺らぎを直接測定して理論的に解析できるようになったのは最近のことであり、重要な画期的な面を持っていると考えています。

非平衡状況における場の理論の物理量の解析は他の方向でもさらに続けています。ここでは、まず今まで得られている成果を整理し、発表していくことを重要視します。さらに、それを基に研究を進展させます。特に、場の理論における粘性の振る舞いを第一原理より求めることと、時間依存性のある系での局所平衡、線型応答などについて研究していく計画です。

5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

T. Mitsui, K. Aoki, Direct optical observations of surface thermal motions at sub-shot noise levels, Physical Review E, 80, 020602(R) -1-4, (2009), 査読有り

K.Aoki, Some thermal transport properties of the FPU model with quadratic pinning, Progress in Theoretical Physics, 119, 717-724, (2008), 査読有り