

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間： 2007～2010

課題番号：19540397

研究課題名 (和文) 非平衡緩和法とゲージ理論による量子多体系を中心とした動力学的解析

研究課題名 (英文) Dynamical analysis for quantum many body systems and relating ones in terms of the nonequilibrium relaxation method and the gauge theory

研究代表者

尾関之康 (YUKIYASU OZEKI)

電気通信大学・電気通信学部・准教授

研究者番号：70214137

研究代表者の専門分野：統計物理学

科研費の分科・細目：物理学、数理物理・物性基礎

キーワード：非平衡緩和、ゲージ理論、量子ゲージグラス、ランダム系、KT 転移

1. 研究計画の概要

量子多体系やフラストレーション系など、伝統的数値解析法に困難を抱える問題に対して、古典多体系の解析で大きな成果を上げつつある非平衡緩和法を拡張する。強力な数値解析法を確立すると共に、量子コスタリッツ・サウレス(KT)転移、ランダム量子系、フラストレーション磁性体の諸問題に応用する。本研究では、方法の信頼性を確立するために、ランダム系に厳密な結果を与えるゲージ理論を量子系に拡張した量子ゲージ理論や、ダイナミクスに拡張した動的ゲージ理論を利用して、数値計算の正確さや効率の検証を丁寧に行う

2. 研究の進捗状況

3次元Isingスピングラス模型について、スピングラス相の非平衡緩和解析を相境界に沿って多重臨界点に至るまで系統的に行うことに成功した。ここでは、スピングラス転移に独特な異常な動的スケーリングを採用し、矛盾の無い結論が得られている。相図を決定し、スピングラス臨界指数を評価し、強磁性相も含めた相図全体の臨界普遍性の振舞いを統一的に理解する可能性を示した。この異常な動的スケーリングは多重臨界領域まで成立し、通常の動的スケーリングが成り立つ強磁性領域との間で、両ダイナミクスのクロスオーバーが観測され、異常なスピングラスダイナミクスと強磁性ダイナミクスがスムーズに接続された。この解析法は、スピングラス転移一般に有効であり、XYゲージグラス模型の解析にも拡張された。XY模型を始めとする連続スピン系のスピングラス転移については、解

析の難しさから未解決の問題が多く残されているが、この方法を契機に進展することが期待される。

一方、Kosterlitz-Thouless転移を起こす2次元ゲージグラス模型について、これまで一般に信じられていた「静的指数と動的指数の関係」と逆転した臨界指数の振舞いを示唆する結果を得た。この振る舞いは、KT相内の臨界指数についても成立することが数値的に確認され、KT相全体において動的臨界指数がほぼ古典的な値で固定されることが示された。さらに、他の複数のランダム系についても同様になることも確認することができた。

3. 現在までの達成度

「やや遅れている」

理由：非平衡緩和法を応用した、ランダム系・KT 転移系の解析は順調に進展し、これまで理解されていなかった普遍性の構図が明らかにされた。これは大きな成果なのだが、計画の前半を占める量子系への拡張は、これらの諸問題の研究に時間をとられ、あまり進んでいない。

4. 今後の研究の推進方策

ランダム系やKT 転移系において現在取り組んでいる課題は重要であり、この進展が最優先と考える。量子系への拡張は今後取り組むべき課題であり、今後の進展を期待する。

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 3 件)

- 1) S. Yotsuyanagi, Y. Suemitsu and Y. Ozeki, “Effects of discreteness on gauge glass models in two and three dimensions”, Phys. Rev. E79J, 041138 (2009)、査読有り
- 2) Y. Ozeki and N. Ito, “Nonequilibrium relaxation method”, J. Phys. A:Math and Theor., 40, R149-R203 (2008)、査読有り

〔学会発表〕 (計 8 件)

- 1) 菅谷 太一・萩原 敦・尾関 之康、「Ising スピングラス模型におけるスピングラス相と臨界普遍性の非平衡緩和解析」、日本物理学会第 64 回年次大会、2009 年 3 月 27 日、立教大学
- 2) Y. Ozeki, “Phase diagrams and critical properties for the +/-J Ising model in two and three dimensions”, in Multicritical Behavior of Spin Glasses and Quantum Error Correcting Codes, 2008 年 11 月 18 日、東京工業大学
- 3) Y. Ozeki, “Nonequilibrium relaxation study for universality classes and random fixed points in some disordered systems”, STATPHYS-23, 2007 年 7 月 12 日、Genova (Italy)