

研究成果報告書

(国立情報学研究所の民間助成研究成果概要データベース・登録原稿)

研究テーマ (和文) AB		長距離相互作用によって引き起こされる平衡・非平衡相転移の新奇な特徴の解明			
研究テーマ (欧文) AZ		Studies on novel properties of equilibrium and nonequilibrium phase transitions induced by long-range interactions			
研究氏 代表名 者	カナ CC	姓)モリ	名)タカシ	研究期間 B	2012 ~ 2014 年
	漢字 CB	森	貴司	報告年度 YR	2014 年
	ローマ字 CZ	Mori	Takashi	研究機関名	東京大学
研究代表者 CD 所属機関・職名		東京大学・助教			
<p>概要 EA (600字~800字程度にまとめてください。)</p> <p>本研究では長距離相互作用が主役となる相転移現象の新奇な特徴の解明を目指した。まず、スピントロニクスオーバーラップの理論モデルとして提案されていた elastic spin model でスピン間に働く実効的長距離相互作用を詳細に調べた。特に、このモデルでの相加性の破れが本質的な結果であり、スピン間に長距離相互作用が働いている直接の証拠となる。統計力学の基礎理論によれば、真の平衡状態では相加性は必ず満たされなければならないが、その議論には抜け道があり、真の平衡状態とは異なる準安定状態では相加性は破れていてもよいことを洞察し、elastic spin model で見られた相加性の破れはこの種の準安定状態でのみ現れる特徴であることを結論した。平衡状態で実現できない特異な状態を準安定状態で実現するという事は、新奇な物性、相転移現象の探索のための非常に興味深く強力な試みの一つになることが期待できる。</p> <p>さらに、キャビティ内の原子集団のダイナミクスを研究し、これまで知られていなかった新しい非平衡相転移現象を発見した。まず、本研究者はこのような非平衡相転移現象を調べる有力な方法である平均場理論を数学的に研究し、キャビティ内の原子集団がレーザーによって駆動され、得たエネルギーを熱浴に放出するという典型的な非平衡系の設定のもとで、平均場理論が正当化されることを厳密に証明した。これは共通のフォトンモードとのカップリングによって原子間に長距離相互作用が働くためである。こうして平均場理論の適用に理論的根拠を得た上で、それを実際にキャビティ内の原子集団に適用することで非平衡相転移を調べた。新しく見出された非平衡相転移現象は coherent destruction of tunneling と呼ばれる量子力学的干渉効果が長距離相互作用によってマクロに増幅した結果生じることを理論的に結論した。</p>					
キーワード FA	長距離相互作用	相加性	非平衡相転移		

(以下は記入しないでください。)

助成財団コード TA					研究課題番号 AA								
研究機関番号 AC					シート番号								

発表文献（この研究を発表した雑誌・図書について記入してください。）									
雑誌	論文標題 ^{GB}	Exactness of the mean-field dynamics in optical cavity systems							
	著者名 ^{GA}	Takashi Mori	雑誌名 ^{GC}	Journal of Statistical Mechanics					
	ページ ^{GF}	1~29	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	P06005
雑誌	論文標題 ^{GB}	Nonadditivity in Quasiequilibrium States of Spin Systems with Lattice Distortion							
	著者名 ^{GA}	Takashi Mori	雑誌名 ^{GC}	Physical Review Letters					
	ページ ^{GF}	020601-1~5	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	111
雑誌	論文標題 ^{GB}	Phase transitions in systems with non-additive long-range interactions							
	著者名 ^{GA}	Takashi Mori	雑誌名 ^{GC}	Journal of Statistical Mechanics					
	ページ ^{GF}	1~26	発行年 ^{GE}	2	0	1	3	巻号 ^{GD}	P10003
雑誌	論文標題 ^{GB}	Novel symmetry-broken phase in a driven cavity system in the thermodynamic limit							
	著者名 ^{GA}	T. Shirai, T. Mori, and S. Miyashita	雑誌名 ^{GC}	Journal of Physics B					
	ページ ^{GF}	1~9	発行年 ^{GE}	2	0	1	4	巻号 ^{GD}	47
図書	著者名 ^{HA}								
	書名 ^{HC}								
	出版者 ^{HB}		発行年 ^{HD}					総ページ ^{HE}	

欧文概要 ^{EZ}

In this study, we have tried to clarify the novel characteristics of phase transitions induced by long-range interactions. I investigated the effective spin-spin interactions in the elastic spin model which was proposed as a theoretical model of spin-crossover compounds. Especially, it is argued that the essential feature of this model is the breaking of additivity, which is a direct evidence of the effective long-range interactions among spins. According to fundamental theory of statistical mechanics, the additivity must be satisfied in the genuine equilibrium state. However, it is argued that the additivity can be violated in metastable states, and I concluded that the breaking of additivity observed in the elastic spin model is a characteristic phenomenon involved with metastable states. It will serve as one of the interesting and promising tools for exploring the novel properties of material to realize abnormal states in metastable states.

Furthermore, we investigated the dynamics of an ensemble of atoms in an optical cavity and found the new kind of nonequilibrium phase transitions. First I mathematically studied the mean-field theory, which is a powerful tool to study the nonequilibrium dynamics, and it is rigorously proven that the mean-field theory is justified in an ensemble of atoms confined in an optical cavity under the laser driving and dissipation into a thermal reservoir. Then we applied the mean-field theory to such a system and investigated the possible nonequilibrium phase transitions. The nonequilibrium phase transitions found by us are due to the amplification of the quantum interference effect known as the coherent destruction of tunneling.