

研究成果報告書

(国立情報学研究所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		量子纏れ合いを用いた散逸量子多体系における臨界現象の理論開発			
研究テーマ (欧文) AZ		Theoretical study on critical phenomena in dissipative quantum many-body systems using entanglement measures			
研究氏 代 表 名 者	カタカナ CC	姓)カナモト	名)リナ	研究期間 B	2008 ~ 2010 年
	漢字 CB	金本	理奈	報告年度 Y	2010
	ローマ字 CZ	Kanamoto	Rina	研究機関名	お茶の水女子大学
研究代表者 CD 所属機関・職名	お茶の水女子大学 お茶大アカデミック・プロダクション 特任助教				
概要 EA (600字~800字程度にまとめてください)					
<p>臨界現象における量子纏れ合い(エンタングルメント)がどのように発現し、転移を特徴づける指標となり得るかを解明するため次のような研究を行った。</p> <p>接触型相互作用をする一次元ボース気体は弱結合領域ではボース縮退し、更に相互作用を変化させることによって凝縮体の一様状態と局在状態(ソリトン)との量子相転移が生じる。原子数Nが無限大の極限では転移は二次であることがわかっている。この系の基本モード数は最低でも3つであり、このような多モードエンタングルメントの定量化の方法は一意に存在しないため、本研究では“量子纏れ度合い”を複数の異なる計量、フォンノイマンエントロピーとQメジャー(リニアエントロピーの平均値)を用いて転移点を含む各相で定量化した。2つの計量からは、強結合側の局在相において複数の運動量状態の存在を反映して纏れ度合いが急増するという一致した結果が得られた。また既存の臨界現象の理論研究で解析されていた基底エネルギーや低励起エネルギー同様、エンタングルメント計量の二階微分は原子数N無限大の極限で発散を示すことを見出した。ディック模型における超放射転移での結果との比較、及び本研究を通して、エンタングルメント計量は一般に臨界現象における量子揺らぎや有限サイズ効果を表し、これまで調べられてきたようなエネルギースペクトル構造などの情報と共に現象を特徴づけることができるという知見が得られた。</p> <p>臨界現象は大変普遍的な現象である。熱力学極限においては、平均場近似から量子多体相関を含んだ様々な理論階層での物性が解明されており、理論が概ね確立している。しかし近年、従来の熱力学極限とは異なる有限サイズの実験系、例として量子計算機実装を念頭に置いたメソスコピック系、冷却原子気体等で、絶対零度近傍で温度以外のパラメータ変化により誘発される量子相転移が観測されている。本研究はそのような有限系の量子効果の物性解明につながると期待される。</p>					
キーワード FA	エンタングルメント	臨界現象			

(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下さい)									
雑誌	論文標題 GB	Metastable quantum phase transitions in a periodic one-dimensional Bose gas: Mean-field and Bogoliubov analyses							
	著者名 GA	R. Kanamoto, L. D. Carr, and M. Ueda	雑誌名 GC	Physical Review A					
	ページ GF	063616-1~ 063616-12	発行年 GE	2	0	0	9	巻号 GD	79
雑誌	論文標題 GB								
	著者名 GA		雑誌名 GC						
	ページ GF	~	発行年 GE					巻号 GD	
雑誌	論文標題 GB								
	著者名 GA		雑誌名 GC						
	ページ GF	~	発行年 GE					巻号 GD	
図書	著者名 HA	L. D. Carr, R. Kanamoto, M. Ueda (編集 L. D. Carr)							
	書名 HC	Chapter "Metastable Quantum Phase transitions in a One-Dimensional Bose" in "Understanding Quantum Phase Transitions"							
	出版者 HB	Taylor & Francis	発行年 HD	2	0	1	0	総ページ HE	(第 13 章) 29 頁
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**

This study aimed at assessing the emergence of entanglement and its role as a measure to characterize critical phenomena. I addressed a system of one-dimensional Bose gas with contact interactions. The atoms form a Bose-Einstein condensation in the weak coupling limit, and undergo a quantum phase transition between a homogeneous state and localized soliton(s) by the change of the inter atomic interaction. This transition is known to be the second order in the thermodynamic limit. The number of modes in this system is three at lowest. There is, however, no unique method to quantify such a multimode entanglement. In this study I quantified the entanglement with the use of two different measures: namely, von Neumann entropy and Q measure (average of linear entropies). The results obtained by two measures were qualitatively agreed: the entanglement significantly increases in the localized phase. Furthermore, the second derivative of the entanglement measure is found to diverge at the quantum critical point as N increases, just like the second derivative of the ground-state energy. Through this study, it is convinced that the entanglement, in addition to the energy structure of low-lying states, characterizes critical phenomena. In particular, this measure reveals quantum effects that cannot be described in classical or one-body theories.