助成番号 140762					5 － 2

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	強相関電子系における繰り込み群法と乱雑位相近似を組み合わせた理論手法の開発			
研究テーマ（欧文） AZ	A new renormalization-group scheme combined with the random-phase approximation for strongly-correlated electron systems			
研究氏代表名者 カタカナ CC	姓）ツチイズ	名）マサヒサ	研究期間 B	2014 ～ 2016 年
研究氏代表名者 漢字 CB	土射津	昌久	報告年度 YR	2016 年
研究氏代表名者 ローマ字 CZ	TSUCHIIZU	MASAHISA	研究機関名	名古屋大学
研究代表者 CD 所属機関・職名	名古屋大学大学院理学研究科・講師			

概要 EA （600 字～800 字程度にまとめてください。）

ルテニウム酸化物、銅酸化物高温超伝導体や鉄系超伝導体などの強相関電子系において、スピンと電荷に加えて軌道自由度に注目が集まっている。スピン・電荷・軌道自由度の結合は、近年の最重要テーマのひとつであり、従来の標準理論である乱雑位相近似(RPA)等では記述することできない、高次の多体効果である「バーテクス補正効果」が重要な役割を果たしている。

「汎関数繰り込み群(RG)法」は「バーテクス補正効果」を系統的に取り込むことのできる優れた理論体系である。しかしながら、従来の方法では、微分方程式を導出する際に低エネルギー散乱にのみ注目した近似を行うため、高エネルギー散乱の波数依存性について不適切な取り扱いになることが知られていた。

我々はこの問題を解決するため、高エネルギー散乱について精度良く解析することのできる RG 法の新しい枠組みを開発してきた。この手法では、高エネルギー散乱については制限乱雑位相近似(cRPA)により波数依存性を精度良く解析し、低エネルギー散乱については RG 法により取り扱う。我々はこの手法を「RG+cRPA 法」と名付け、以下の問題に取り組み、この手法の有用性を証明することができた。

[ルテニウム酸化物における軌道揺らぎの発達とトリプレット超伝導]

ルテニウム酸化物におけるトリプレット超伝導発現機構についてこれまで数多くの理論解析がなされてきた。実験的には、Fermi 面のネスティングに起因する強いスピン揺らぎが観測されている。この系に RG+cRPA 法を適用した結果、スピン揺らぎが発達する波数において、軌道揺らぎも増大することを明らかにした。さらに、軌道揺らぎとスピン揺らぎが協同的に働くことにより、トリプレット超伝導が実現することを明らかにした。この結果は、ルテニウム酸化物におけるトリプレット超伝導の発現機構の新たなシナリオを提案するものである。

[銅酸化物高温超伝導体における電荷密度波]

銅酸化物高温超伝導体における電荷密度波(CDW)について、最近になって STM 及び X 線散乱による直接観測に成功し、その精密な構造が明らかとなり、大きな注目を集めている。本研究では、この系に RG+cRPA 法を適用し、様々な電荷感受率の解析を行った。その結果、実験で示された CDW 状態を再現することに初めて成功した。さらに、この CDW 状態の起源は、スピン揺らぎが電荷揺らぎを誘発するためであることを明らかにした。

キーワード FA	強相関電子系	繰り込み群法		

（以下は記入しないでください。）

助成財団ｺｰﾄﾞ 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	Spin-triplet superconductivity in Sr2RuO4 due to orbital and spin fluctuations: Analyses by two-dimensional renormalization group theory and self-consistent vertex-correction method							
	著者名 GA	M.Tsuchiizu et al	雑誌名 GC	Physical Review B					
	ページ GF	155103	発行年 GE	2	0	1	5	巻号 GD	91
雑誌	論文標題GB	p-orbital density wave with d-symmetry in high-Tc cuprate superconductors predicted by renormalization-group + constrained RPA theory							
	著者名 GA	M.Tsuchiizu et al	雑誌名 GC	Physical Review B					
	ページ GF	155148	発行年 GE	2	0	1	6	巻号 GD	93
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								
	書名 HC								
	出版者 HB		発行年 HD					総ﾍﾟｰｼﾞ HE	
図書	著者名 HA								
	書名 HC								
	出版者 HB		発行年 HD					総ﾍﾟｰｼﾞ HE	

欧文概要 EZ

[Spin-triplet superconductivity due to the cooperation of spin and orbital fluctuations in ruthenate oxides]

We study the mechanism of the triplet superconductivity in ruthenate oxides, by applying the functional renormalization group(fRG) method to the multi-orbital Hubbard model. Thanks to the vertex correction, we observe the strong spin and orbital fluctuations at $Q \approx (2\pi/3, 2\pi/3)$ in the quasi-one-dimensional Fermi surfaces (which are composed of dxz and dyz orbitals). Moreover, due to the cooperation of spin and orbital fluctuations, the triplet superconductivity emerges where the superconducting gap is given by the linear combination of $(\Delta x(k), \Delta y(k)) \approx (\sin 3kx, \sin 3ky)$. These results can also be confirmed by a diagrammatic calculation of the vertex correction.

[Charge-density-wave state in cuprate superconductors]

Emergence of the nematic density wave is a fundamental unsolved problem in cuprate superconductors. To understand the origin of the nematicity, we employ the recently-developed functional renormalization-group method with high numerical accuracy, and discover the critical development of the charge-density-wave (CDW) instability in the strong-spin-fluctuation region. The obtained CDW state possesses the key characteristics of the charge ordering pattern in Bi- and Y-based cuprate superconductors. We conclude that the CDW is driven by the strong interference between spin and charge fluctuations. It is clarified that the strong charge-spin interference, which is the origin of the nematicity, is the hidden but significant characteristics of the electronic states in cuprate superconductors.