

Title	1次元量子系の光誘起された電子相関効果に関する理論的研究
Author(s)	藤井, 達也
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3184348
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏名	藤井達也		
博士の専攻分野の名称	博士(工学)		
学位記番号	第 16206 号		
学位授与年月日	平成13年3月23日		
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 工学研究科応用物理学専攻		
学位論文名	1次元量子系の光誘起された電子相関効果に関する理論的研究		
論文審査委員	(主査) 教授 川上 則雄		
	(副査) 教授 萩行 正憲 助教授 小松 雅治 講師 菅 誠一郎 講師 齋藤 誠慈		

論文内容の要旨

本論文は、1次元量子系における光誘起された電子相関効果を明らかにするために理論的な研究を行ったものであり、得られた結果を以下の6章にまとめたものである。

第1章では、研究の背景として光誘起された電子相関効果に対する興味が高まりつつある現状を概観し、1次元量子系においてその効果が特に重要となっていることを指摘し、本研究の目的と意義を述べている。

第2章では、1次元モット絶縁体の光電子スペクトルの低エネルギー物理に現れる光誘起された電子間相互作用の効果を解析している。モット絶縁体の軌道縮退やスピン間相互作用の異方性がある場合を考察し、動的に生じた相互作用によってスペクトル端異常が現れるという結果を得ている。次にこの成果を、スピン励起にギャップをもち電荷励起にはギャップのない系に応用している。さらに朝永・Luttinger 液体中の動く不純物問題との関連について述べている。

第3章では、1次元モット絶縁体の動的な電荷密度相関関数に臨界現象が現れることを示している。この臨界的な振舞いは、電荷とスピンの間に動的に生じた終状態相互作用が、スピンの低エネルギー励起を誘起するという事実起因していることを明らかにしている。さらに、モット絶縁体に粒子-正孔対が励起された状態が朝永・Luttinger 液体中の動く不純物の問題となっていることを指摘している。光電子放出の場合と異なり粒子-正孔対が2粒子励起であるので、この系が「2つの動く不純物」を含むことを明らかにしている。

第4章では、これまでの研究を一般化して、分光測定に伴い磁性不純物が完全に遮蔽された基底状態から、マルチチャンネル近藤効果が光誘起されることを提案している。光電子スペクトルの低エネルギー物理の解析を通じて、スペクトルにべき指数型の異常が現れることを示している。この赤外発散は、動的に生じたマルチチャンネル近藤効果に典型的な磁場依存性によって決定されていることを明らかにしている。さらに、本章で提案した現象は、不純物を含まないような量子スピン鎖でも見出されることを議論している。

第5章においては、第4章のより発展的な研究として、偶数個の電子をもつ量子ドット系の吸収スペクトルにおいて、光誘起された近藤効果が非常に重要となることを見出している。電子が偶数個つまった量子ドット系の基底状態においては近藤効果は期待できないが、光励起された状態で動的に近藤相互作用が生じることを示している。ドット内のエネルギー準位などのパラメータによって、得られた近藤相互作用は反強磁性的もしくは強磁性的になることを明らかにしている。それらに応じて、スペクトルに多様な吸収端異常が現れることを見出している。

第6章においては、各章をまとめ、今後の課題について述べている。

論文審査の結果の要旨

近年、光励起された状態での電子間相互作用の効果に注目が集まり、新しい物性現象を探索する試みが集中的に行われつつある。中でも、光電子放出や光吸収に現れる電子相関効果を解明することは、物性物理学の基本的な課題となっている。このような背景に基づき本研究は、光誘起された電子相関の効果によって系の動的な応答はどのような影響を受けるのかという問題に焦点を当てている。特に現在、理論と実験の両側面から活発に研究が進められている1次元量子系に対する系統的な研究を行っている。本論文における主要な成果を以下に要約する。

- (1)高温超伝導体の関連物質として系統的に合成されるようになってきた1次元モット絶縁体の動的な性質に焦点をあてて理論的な解析を行っている。まずスピン間相互作用の異方性や軌道縮退の効果に注目して、光電子スペクトルの異常性を調べている。さらに得られた結果をスピングャップを持つ系へも応用している。最後に、朝永・Luttinger液体中の動く不純物問題との関連についても触れ、光誘起された電子相関効果の一般的な性質について議論している。次に、動的な電荷密度相関の解析を行い、電荷励起で生成された粒子と正孔が「2つの動く不純物」として振る舞い、光励起状態での相互作用がスピン励起を誘発する結果、動的な電荷密度相関関数にスピンの臨界現象が現れることを見出している。1次元モット絶縁体の動的な性質に対して、このような視点からの系統的な解析はこれまでにほとんどなかった。第2章と第3章の成果として、光励起された1次元モット絶縁体の新しい特徴を見出している。
- (2)磁性不純物系におけるマルチチャネル近藤効果は実験と理論の両側面から活発に研究されており、その非フェルミ液体的な振る舞いに興味が集まっている。従来の研究では主に静的な現象が扱われ、このような不純物が動的に生成された場合の議論はこれまでになかった。本論文では、光電子分光及び逆光電子分光において光励起された状態でマルチチャネル近藤効果が動的に生じることを明らかにし、スペクトルの臨界的な振る舞いがマルチチャネル近藤効果の特徴的な磁場依存性によって支配されていることを見出している。さらにこのような効果が、量子スピン系の光電子スペクトルにも現れることを示している。
- (3)さらに発展的な研究として、光誘起された近藤効果というアイデアが、電子が偶数個つまった量子ドット系の光吸収スペクトルの解析にも重要な役割を果たすことを明らかにし、吸収スペクトルにべき指数型の異常が現れることを見出している。現在量子ドット系において、ドットとリード間の共鳴トンネルによって生じる近藤効果の研究が活発に進められているが、広くメゾスコピック系で成功を収めてきた光学測定を用いてドット系の近藤効果を議論する研究はまだ少なく、本研究は光を用いた新しい側面からの研究の典型的な例となっている。

以上のように、本論文は1次元量子系の光誘起された電子相関効果について理論的に解析したものであり、1次元量子系の基礎物性のみならず応用に関しても有益な知見を得ており、応用物理学、特に理論物性学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。