

Title	重い電子系の素励起に関する理論的研究
Author(s)	山下, 眞
Citation	
Issue Date	
oaire:version	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37897
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

氏名	山 下 眞
博士の専攻	博 士 (工 学)
分野の名称	第 1 0 2 4 9 号
学位記番号	
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 25 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	重い電子系の素励起に関する理論的研究
論文審査委員	(主査) 教授 興地 斐男 (副査) 教授 志水 隆一 教授 中島 信一 教授 樹下 行三 教授 増原 宏 教授 南 茂夫 教授 一岡 芳樹 教授 後藤 誠一 教授 豊田 順一 教授 岩崎 裕 教授 山本 稔 教授 池田 和義

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は「重い電子系」と呼ばれる一連の希土類化合物を対象とし、低温での物理量に顕著に反映された電子相関効果を素励起を通して理論的に調べた結果についてまとめたものである。論文は次の六章よりなる。

第 1 章序論では、本研究の背景について概説を行ない、さらに研究の目的およびその意義について述べた。

第 2 章では、ベテ仮説法に基づくアンダーソンモデルの厳密解を直接用いて絶対零度での素励起および素励起スペクトルを求める方法を紹介した。多体効果が正確に繰り込まれた結果、電荷の自由度に関する素励起とスピンの自由度に関する素励起がそれぞれ厳密解から得られ、多体効果に関して明解な物理的描像が与えられることについて述べた。

第 3 章では Ce 化合物を対象とし、軌道縮退を考慮した縮退アンダーソンモデルの厳密解を用いて絶対零度での素励起スペクトルを求めた。そして 4f レベルの位置等の化合物に応じた各種パラメータに対するスペクトルの依存性を調べた。重い電子系に相当する計算では、スピン励起スペクトルは低エネルギー領域に非常に大きな重みを持ち、電子相関に起因した低エネルギーのスピン揺らぎによって比熱・帯磁率が顕著に増大することを示した。また 4f レベルの結晶場分裂によっても比熱等の物理量の増大が生じることをスペクトルによる解析を通して示した。

第 4 章では重い電子系で低温で重要となるスピン励起に注目し、s-d モデルの厳密解を用いて従来絶対零度でのみ行なわれていた素励起の計算を有限温度の場合へと拡張する方法を新たに見出した。そして多体効果を正確に繰り込んだ有限温度における素励起の表式を得た。さらにこの表式に基づいて励起

スペクトルの温度依存性を調べ、近藤温度以下の低温で温度の低下に伴い共鳴的ピーク構造が多体効果によって低エネルギー領域に形成される様子を明らかにした。またこの結果がこれまで求められていた比熱の温度依存性を矛盾なく説明する事を示した。

第5章では重い電子系が化合物であることに注目し、希土類イオンが周期的に並んでいる事を考慮した周期アンダーソンモデルを用いた解析を行なった。変分法であるグッツヴィラー近似により質量増大因子および各種感受率を求め、これらの物理量に対する結晶場効果を調べた。4f レベルの分裂幅の増加に伴い比熱などの物理量は増大し、また、電荷感受率の計算結果からは電荷の揺らぎが急激に変化する特徴的な分裂幅が存在することが示された。

第6章結論では本研究のまとめを行ない、最後に今後の課題について述べた。

論文審査の結果の要旨

最近注目を集めている希土類化合物等の示す重い電子系の多様な物理的性質、すなわち、磁性・超伝導等の興味ある物理現象を解明するためには、電子相関効果を丁寧に調べることが不可欠となる。しかも、伝導現象の解明には結晶構造と電子相関効果の結びつきについても調べる必要がある。この様な観点から本論文は、格子点上での電子相関効果を厳密解を用いて調べ、さらに結晶構造を取り入れた近似論的な電子相関効果も調べてその結果をまとめたものである。主な成果を要約すると次の通りである。

- (1) 希土類化合物等の熱力学量の低温での振舞いの異常を調べるために軌道縮退のあるアンダーソンモデルの厳密解を用いて、その低エネルギー励起スペクトルを求めている。その結果熱力学量の異常な増大は電子相関効果と結晶場分裂に依存した低エネルギーのスピンの励起が主な原因で起こっていることを明らかにしている。
- (2) 上記の事柄をより明らかにするためにスピン自由度のみを持ったモデルハミルトニアンでの厳密解を用いてその励起スペクトルの温度変化を調べ、比熱・帯磁率等の低温での異常な温度変化はスピン励起スペクトルの温度変化で説明できることを明らかにしている。
- (3) 周期構造を考慮した系の電子相関効果を近似計算で調べ、電子相関効果により生ずる特有温度と結晶場分裂の大きさとの競合で、重い電子系での物理現象に種々の差異が生ずることを指摘している。

以上のように本論文は、強い電子相関のある重い電子系での物理現象を主にその励起スペクトルを理論的に調べることによって解明している。その結果は、多体系での厳密解を用いるなどしてこれらの物質系の示す異常な挙動の原因を明確に指摘すると共に、多岐にわたる特異な性質を示すこれらの物質系の研究の指針を与えたものであり、応用物理学特に物性工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。