



Title	Anomalous Properties Due to Correlations between Electrons and Local Ionic Degrees of Freedom
Author(s)	服部, 一匡
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/47314
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、 ＜a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed >大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名	はっ 服 部 かず まさ 匡
博士の専攻分野の名称	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	第 2 1 2 7 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 19 年 3 月 23 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学 位 論 文 名	Anomalous Properties Due to Correlations between Electrons and Local Ionic Degrees of Freedom (局所イオン自由度と電子の相関による異常物性の研究)
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 三宅 和正 (副査) 教 授 菅 滋正 教 授 井元 信之

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、近年盛んに研究が行われている充填スクッテルダイト化合物およびクラスレート化合物に見られる、様々な異常な物性について研究を行った。これらの系においては、局所的なイオンの自由度と電子との相関により重い電子状態や超音波分散（弾性定数の振動数依存性）が発現していると考えられている。

第一に、 $\text{SmOs}_4\text{Sb}_{12}$ において観測された磁場に鈍感な重い電子状態の起源について研究を行った。強結合の電子－格子系で実現される希土類イオンの有効ポテンシャルをオフセンター型に仮定し、2ループの繰り込み群と数値繰り込み群を用いて電子の有効質量等を見積もった結果、重い電子状態が実現することを見出した。また軌道近藤効果により、イオンの異方的な励起状態が基底状態の多体波動関数に相当な割合で含まれることも見出した。これらの結果は磁場に鈍感な $\text{SmOs}_4\text{Sb}_{12}$ の重い電子状態の説明を与えるものである。

第二に、 $\text{ROs}_4\text{Sb}_{12}$ ($\text{R}=\text{La}, \text{Pr}, \text{Sm}$ 等) や $\text{La}_3\text{Pd}_{20}\text{Ge}_5$ で見られる超音波分散の起源について理論的に研究を行った。f 電子系の結晶場状態を記述するために用いられた擬粒子法を電子－格子系に適用し、フォノンの低エネルギースペクトルの詳細な温度依存性を見積もることに成功した。これにより、実験的に観測されている弾性定数の上昇およびその振動数依存性を説明することができた。この低エネルギースペクトルは、イオンの有効ポテンシャルがオフセンターになっていく過程で得られるものであり、上記の磁場に鈍感な重い電子状態の理論とともに、統一的に、観測されている主な実験事実を説明することができる。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、科学研究費特定領域研究のテーマに取り上げられるなど、近年世界的に注目を集めている、充填スクッテルダイト化合物およびクラスレート化合物の示す異常物性を理論的に研究したものである。これらの系においては、局所的なイオンの自由度と電子の結合により重い電子状態や超音波分散（弾性定数の振動数依存性）が発現していると考えられ、その微視的な起源を解明することは当該研究分野の焦眉の課題であった。

本論文では、第一に、充填スクッテルダイト化合物 $\text{SmOs}_4\text{Sb}_{12}$ において観測された「磁場に鈍感な重い電子状態（有効フェルミ温度が 10 K 程度であるにも関わらず、30 テスラ程度の磁場を加えても有効質量の変化は認められない）」の起源について理論的に研究した。強結合の電子－格子系で実現が期待される（ Sb_{12} のカゴの中の）希土類イオンの有効ポテンシャルをオフセンター型に仮定し、「2 ループの繰り込み群」と「数値的繰り込み群」の方法を用いて電子の有効質量を見積もった結果、観測されるような重い電子状態が実現することを見出した。また、「軌道近藤効果」により、イオンの異方的な励起状態が基底状態の多体波動関数に相当な割合で含まれるという非自明な結果も得た。イオンの運動は第一義的には磁場の影響を受けないので、得られた結果は磁場に鈍感な $\text{SmOs}_4\text{Sb}_{12}$ の重い電子状態の説明を与えるものである。

第二に、充填スクッテルダイト化合物 $\text{ROs}_4\text{Sb}_{12}$ ($\text{R}=\text{La}, \text{Pr}, \text{Sm}$ 等) やクラスレート化合物 $\text{La}_3\text{Pd}_{20}\text{Ge}_5$ で見られる超音波分散（通常の金属ではそのような分散は観測されない）の起源について理論的に研究した。f 電子系の結晶場状態を記述するために用いられ（成功を納めた）擬粒子法を電子－格子系に適用し、フォノンの低エネルギースペクトルの詳細な温度依存性・振動数依存性を評価することに成功した。これによって、実験的に観測されている（温度の下降にともなう）弾性定数の上昇およびその振動数依存性を説明することができた。またこの結果は、ごく最近非弾性中性子散乱時実験で見出された「イオン振動にともなうソフトモード」の起源をも解明するものである。この低エネルギースペクトルは、イオンの有効ポテンシャルがオフセンター型に変形していく課程で得られるものであり、上記の磁場に鈍感な重い電子状態の理論とともに、統一的に、観測されている実験事実の理解を与えている。

上述のように、本論文の結果は局所イオン自由度と電子が強く結合することにより生じる非自明な低エネルギー現象を統一的に解明したものでその学術的意義は大きく、博士（理学）の学位論文として価値のあるものと認める。