

# 論文審査の結果の要旨

氏名 高島 信也

本論文「遷移金属化合物における電子相転移の臨界現象」は、遷移金属化合物における強電子相関に起因した電子相転移に着目し、モット臨界点および磁氣的量子臨界点近傍で現れる臨界現象を電子系のクリーンネスの観点から評価した研究である。論文は全七章からなる。

第一章では研究の背景が述べられている。遷移金属化合物では電子間の相互作用の程度に応じて様々な電子相が実現されるが、特徴的な3つの電子相である常磁性 Fermi 液体、遍歴電子磁性、及び Mott 絶縁体について説明している。これらの電子相境界を特徴づける磁氣的量子臨界点と Mott 臨界点を取りあげ、これら臨界点近傍で現れる臨界現象の標準描像と物質例が概観されている。これを受けて、最近報告されはじめた標準描像に従わない物質を取り上げ、この異常が何に起因するものかを明らかにする必要があるという本論文の方針について触れられている。

第二章では研究の目的が述べられている。問題意識として、クリーンな電子系で実現される臨界点において標準描像が破綻している可能性を指摘し、これを検証する舞台として、典型的な電子相転移を示す物質  $\text{NiS}_{2-x}\text{Se}_x$  及び  $\text{ZrZn}_2$  が最適であることを論じている。これら典型物質のクリーンネスを制御した単結晶試料において、圧力による電子相制御を行いその臨界挙動を観察することで、クリーンリミットに近づくことでどのように標準描像が破綻していくかを明らかにするという戦略が述べられている。

第三章では実験方法が述べられている。目的を達成する舞台として重要となるクリーンネスを制御した単結晶試料の準備、及び、清浄な電子状態を保ったまま臨界点を実現するために利用した圧力発生装置について説明している。

第四章では、 $\text{NiS}_{2-x}\text{Se}_x$  系が示す Mott 金属絶縁体転移の臨界現象について述べられている。前半ではクリーンな系である  $\text{NiS}_2$  の圧力下における Mott 転移について述べられている。Mott 転移を示す圧力領域の電気抵抗率の詳細な測定により、1 次の Mott 転移線が終端する Mott 臨界点の位置を明らかにし、温度-圧力相図を完成させた。更に、Mott 転移線に沿った伝導率の飛び幅から見積もった臨界指数が平均場的な振る舞いを示すという結果を得ている。この結果を Mott 転移の臨界性が調べられている  $(\text{V}_{1-x}\text{Cr}_x)_2\text{O}_3$ 、及び分子性有機導体と比較することで、Mott 転移点における臨界現象のユニバーサリティクラスには乱れ影響がほとんどないと結論している。後半では、乱れを導入した  $\text{NiS}_{1.7}\text{Se}_{0.3}$  における Mott 転移について述べられている。 $\text{NiS}_{1.7}\text{Se}_{0.3}$  では  $\text{NiS}_2$  に比べて Mott 臨界点の臨界

温度が著しく低下していることを示し、Se 置換に伴う電子系の乱れが臨界温度に大きな影響を与えることを実証している。

第五章では、 $\text{NiS}_{2-x}\text{Se}_x$  系の反強磁性量子臨界点について述べられている。ここでは第一に、圧力と Se 置換によって得られた電子相図を総合的に検討し、置換に伴う乱れが増大するにしたがって温度- 圧力相図に占める反強磁性金属相の領域が縮小することを示した。第二に、反強磁性量子臨界点近傍の臨界挙動が、乱れた系では標準的な SCR 理論によく従うが、クリーンな  $\text{NiS}_2$  では標準描像が破綻していることを明らかにしている。この原因として Fermi 面上におけるスピン揺らぎの不均一性が重要であると指摘している。Se 置換系では乱れによって Fermi 面の異方性が弱まり、不均一を考慮しない SCR 理論によく従うのに対し、クリーンにすることによって異方性があらわになったと議論している。

第六章では、典型的な遍歴電子弱強磁性体  $\text{ZrZn}_2$  の強磁性量子臨界点の臨界挙動について述べられている。多結晶試料は SCR 理論によく従うとされていたが、極めて純良な単結晶試料では極めて広い温度- 圧力相空間において非 Fermi 液体的な振る舞いが現れ、量子臨界点の存在が明確でなくなることから、クリーンな系における従来描像の破綻を明らかにしている。

第七章では、本論文において行われた研究について総括的な議論が行われ、本研究で得られた知見がまとめられている。

以上、本研究は磁気的量子臨界点を極めて清浄な電子系において実現させたことにより、強相関電子系の量子臨界相の理解には”乱れ”が本質的な役割を果たすことを実証した。これらの結果は強相関電子の物理学、物理工学に貢献すること大である。博士（科学）の学位を授与できると認める。