

# 論文の内容の要旨

## 論文題目

Phenomenological Theory on the Structure of Order Parameter for  
Unconventional Superconductors

(異方的超伝導体の秩序変数の構造に関する現象論的解析について)

氏名 宇田川 将文

秩序変数はマクロな系の秩序状態を記述する最も基本的な量である。本論文では異方的超伝導体の秩序変数に関する現象論的解析について報告する。

本論文の前半では磁場回転実験について考察する。長年の間、運動量空間での秩序変数の形を実験的に決める事は困難であった。ある実験手法は超伝導ギャップの異方性をフェルミ面の異方性と分離することができず、また他の手法ではエネルギー分解能の不足のため、不満足な結果しか得ることができなかった。ところが最近になって、秩序変数の運動量依存性を決定する手段として、磁場回転実験という有望な新しい実験手法が提案された。この実験は比熱や熱伝導度のような物理量が超伝導ギャップノードと磁場の相対方向に依存するという理論的結果に基づいて考案されたものである。しかしながら、観測量の振る舞いと秩序変数の形をどのように結び付けるべきかという問題は決して自明なものではない。これまで、磁場の効果は超伝導電流によるドップラーシフトを考慮することにより取り入れることができると考えられてきた。しかしながらこの描像は実は低磁場のみで正しいものである。本論文では秩序変数の構造と状態密度の磁場方向依存性との関係を、下部臨界磁場から上部臨界磁場まで適用できる理論手法である準古典 Eilenberger 方程式を解くことにより、解析する。

本論文の後半では  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  の超伝導相図を、各相の秩序変数を同定することにより決定する。上部臨界磁場近傍で種々の物理量が示す異常、及び中間磁場領域における磁化のキルクの存在は  $\text{Sr}_2\text{RuO}_4$  の超伝導状態が複数の相から成り立っていることを示唆している。本論文では上部臨界磁場近傍における異常は、上部臨界磁場において形成される非ユニタリ状態と低磁場のユニタリ状態との間のクロスオーバーから生じるという提案を行う。ここで、非ユニタリ状態は  $d$  ベクトルの固定エネルギーとゼーマンエネルギーの競合の結果、生じるものである。また、中間磁場領域における磁化のキルクについては秩序変数の軌道部分の変化から生じる相転移に起因するものとして説明することができる。