

博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者：鍵村 亜矢

論文題目： Chiral anomaly-induced magnetotransport in Dirac and Weyl semimetals
(Dirac 又は Weyl 半金属中のカイラル量子異常に起因する磁気輸送現象)

日時：2017年 2月7日 (火) 16:20-17:50

場所：理学研究科H棟7階7階セミナー室 (H701号室)

主査：兼村 晋哉

副査：大野木哲也、越野幹人、山口哲、深谷英則

論文要旨：

1983年にNielsenと二宮が物性系でカイラル量子異常と同じ機構から来る効果があることを指摘した。逆のカイラリティを持つ2つのWeyl点があるバンド構造で左手型のフェルミオンと右手型のフェルミオンのFermiエネルギーに差がある時に外磁場をかけることでカイラル量子異常に比例した電流が流れることを予言した。この現象は今日ではカイラル磁気効果と呼ばれ、物性系だけではなくクォーク・グルーオンプラズマや初期宇宙といったカイラルフェルミオンがある様々な系に現れることが知られ注目を集めている。物性系でのカイラル磁気効果の実験は2013年から始まるDiracまたはWeyl半金属の発見によって可能になった。カイラル磁気効果による電気伝導度を見積もるには磁場中の緩和時間を計算する必要がある。1950年代に行われたArgyresとAdamsによる緩和時間の計算は非相対論的なフェルミオンで強磁場極限でのみ行われており、相対論的なフェルミオン系に現れるカイラル磁気効果を見積もるには不十分であった。また近年になってWeyl半金属の模型を用いて磁場中の散乱に対する緩和時間が計算されてきた。

本研究では、Dirac 半金属でのカイラル量子異常に起因した外磁場に沿った電荷の輸送現象を調べた。相対論的なフェルミオンの低エネルギー有効理論を用いて、強磁場極限より弱い磁場中での緩和時間の模型に依らない計算を行った。強磁場中で厳密に質量0の極限では、ヘリシティ保存によりコーン内の遷移は起こらない。そこで少し歪ませたDirac 半金属で実現される小さい質量を持ったフェルミオンのCoulomb不純物による散乱を調べた。半古典的なBoltzmann方程式を用いて、2種類のコーン内遷移過程に対する緩和時間を求めた。一つは質量の効果によるもので、もう一つは強磁場極限より弱い磁場下でのLandau準位の励起状態によるものである。コーン内の遷移に対する解析的な式を求めコーン内の遷移において小さい質量がヘリシティ反転を起こすことが分かった。また強磁場極限より弱い磁場下でLandau準位の励起状態を通したコーン内の遷移がヘリシティ反転の機構として働き、これは質量0の極限でも起こることが分かった。そして電場と磁場が平行にある中での縦方向の磁気電導度の質量依存性と磁場依存性を求めた。