

審査結果の要旨

論文題目「強磁場下2次元電子系の量子論」

学位申請者 内田 朋久

本論文は、強磁場下2次元電子系におけるマグネトプラズモン分散関係の理論的導出に関する研究成果の報告である。申請者は半導体で実現される2次元電子系に強磁場を印加したときに生じるマグネトプラズモンの分散関係を正準形式による場の量子論と自己無撞着線形応答近似を用いて計算し、2004年 Holland 等が発見した強磁場下 GaAs 半導体2次元電子系におけるマグネトプラズモン分散関係に現れるプラトーのメカニズムを解明するために最も重要な式を導くことに成功した。

第1章では本研究の目的と今日の固体物理学における位置づけが明瞭に論じられている。

第2章では2次元電子系の具体例に関する物理的な解説が与えられ、さらに本研究の理論的方法の根幹をなす第二量子化が2次元電子系に関して詳しく論じられている。その内容は通常の教科書の議論よりも遥かに深い考察を含む優れたものである。

第3章では2次元電子系の電子密度線形応答理論が第二量子化された電子場演算子を用いて展開されている。とくにハイゼンベルグ描像における電子場演算子を用いた線形応答公式の導出は明解である。

第4章では強磁場下2次元電子系について自己無撞着線形応答理論が構成され、さらに強磁場下2次元電子系の遅延密度応答関数を用いて自己無撞着線形応答方程式が導かれている。その計算は解析的であり、得られた解はフェルミ分布関数を頭に含んでいる。これが本研究の最も重要な理論的成果である。従来の理論ではコンピュータによる数値計算で解を求めているため分散関係に現れるフェルミ分布関数が持つ重要な物理的意味を理論に取り込むことは不可能であった。実際、Holland 等が発見した分散関係プラトーのメカニズムを理解するためにはフェルミ分布関数の化学ポテンシャル依存性を解析的に把握することが必要不可欠である。整数量子ホール効果の理論的説明に関しても同様な理論的状况が存在する。

第5章では、Batke 等によるマグネトプラズモン振動数の磁場依存性に関する実験データと、本研究で得られた理論的結果と実験データが比較検討されている。研究で得られた理論的マグネトプラズモンの分散関係は強磁場領域において実験データをよく説明することに成功している。

第6章では本研究の総括と今後の展望が述べられている。

本研究は場の量子論に基づく電子多体系の最新の理論的方法を駆使して、2次元電子

系におけるマグネトプラズモンの分散関係を解析的に求めた画期的なものであり、その結果は未解決であった Holland 等が発見した分散関係プラトーのメカニズムの解明に決定的な役割を演じている。Holland 等が発見した分散関係プラトーの根本的原因は、20 世紀固体物理学における最大の発見の一つである整数量子ホール効果のメカニズムと同一であり、整数量子ホール効果の理論的解明に本研究が与える影響は極めて大きい。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定され、申請者内田朋久は東海大学博士（理学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	理学博士	安江 正樹	理学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	Ph. D.	豊田 正	理学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士（理学）	新屋敷 直木	理学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士（工学）	喜多 理王	理学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士（理学）	北林 照幸	理学部准教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	理学博士	若木 守明	東海大学工学部光・画像工学科非常勤講師	