# 論文審査の結果の要旨

氏名　相川 恒

本論文は８章からなる。第１章は序論であり、本研究に関連した基礎的事項および過去の研究について論文提出者の見解を交えて説明が行われている。そして、量子ドット系の Fano 効果（３章、４章、５章）と量子ドットスピンに絡む多体効果（６章、７章）に関する研究目的が明瞭に述べられている。

第２章は、実験手法に関して、Aharonov-Bohm(AB)リングに量子ドットを埋め込んだ試料の作製方法および電気伝導測定のセットアップの説明が行われている。

第３章は、AB 干渉計の一方の経路のみに量子ドットを埋め込んだ系における Fano 効果の実験結果とそれに対する考察が述べられている。量子ドットを含まない経路の伝導を on にすることで、量子ドットの共鳴ピーク形状が Fano 効果により大きく歪むことが観測された。Fano 効果による構造は、温度の上昇やバイアス電圧の増加によって消失するが、このことは Fano 効果の出現におけるコヒーレンスの重要性を示すものである。また、AB リングを貫く磁束や制御ゲート電圧によって Fano 干渉の人為的な制御が初めて実現された。解析においては Fano の非対称パラメーターq が複素数に拡張されている。

第４章は、T 結合量子ドットを持つ量子細線の Fano 効果の実験結果とそれに対する考察が述べられている。量子ドットと細線との結合を１点のみに限定したこの系では、AB リングの場合よりも解析が容易になる。モデル解析に基づき、温度上昇にともなう Fano 効果の消失について、連結経路における電子の波数がぼけて干渉性を失った結果として説明が行われている。

第５章は、単一量子ドットにおける Fano 効果の実験結果とそれに対する考察が述べられている。この実験では、外部干渉回路のない Fano 効果が観測された。同じような現象は以前にも報告されていたが、本研究では中西らが提唱した理論を検証するための系統的な測定が行われた。結果は、クーロン振動を作る弱結合準位を経由した伝導と、リードに広がった強結合準位を経由したコトンネリングによる伝導との Fano 干渉を考慮した中西らの理論を裏付けるものであった。

第６章は、スピン反転によるデコヒーレンス過程の検証に対する実験結果と考察が述べられている。まず、クーロン振動のピーク間隔、高さの解析から、等しい軌道状態に対応するスピンペアピークが探し出された。そのスピンペアピークの近傍において AB 振動の測定を行い、スピンペアピークに挟まれた領域においては外側の領域よりも AB 振幅が減少することが観測され、スピン反転によるデコヒーレンスによって説明された。

第７章は、Fano-近藤効果という新しい現象の観測をめざした実験結果とそれに対す

る考察が述べられている。まず、ユニタリ極限に至っていない近藤状態にある量子ドットと AB リングの複合系に対して AB 振動の振幅の解析を行い、量子ドットでのスピン反転によるデコヒーレンス過程が近藤状態と共存し得ることを見出した。また、近藤谷の中央付近で、Fano-近藤効果から予想される AB 位相の $\pi/2$ プラトーに近い振る舞いを観測した。

　第８章では、第３章～第７章の研究に関する総括が行われている。

　以上のように本論文では、量子ドットを透過する電子のコヒーレンスおよび量子ドット内の電子状態に関して、新しく重要な知見が数多く得られた。試料作成および数多くのパラメーターを制御して行われた電気伝導測定は、いずれも高度な技術を要するものである。また、実験結果に対する解析も様々な視点から高い水準で行われており、論文提出者の力量が博士に適うものと判断できる。

　なお，本論文は小林研介氏、勝本信吾氏、家泰弘氏、佐野徹之氏との共同研究であるが、試料作成および電気伝導測定は論文提出者が全て行い、また５章、６章、７章については研究計画の立案、実験結果の解析・考察も論文提出者が主体となって行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

　しがたって、審査委員全員一致で、博士（理学）の学位を授与できると認める。

以上