

# 論文審査の結果の要旨

氏名 伊 與 田 英 輝

本論文で伊與田英輝氏は、光子、電子や、エニオンと呼ばれる準粒子の非平衡量子ダイナミクスを理論的に研究しました。第一に、量子2準位と光子や電子の相互作用による単一粒子生成の時間発展を微視的に解きました。従来の計算と違って全ての自由度を微視的に扱うことにより、生成される光子や電子の純粋度などを初めて求めました。特に電子については、生成される電子のパルス形やそのスペクトルを、初めて電子間相互作用を考慮に入れて計算しました。第二に、エニオンの端電流が量子ポイントコンタクトを通過する際の非平衡ショット雑音を微視的に求めました。ショット雑音のバイアス依存性から、エニオンの統計角が求められることを初めて示しました。

本論文で扱っている系は実際に実験系として実現され、精力的に研究が進められています。それらの系において、測定可能な物理量について微視的理論から定量的に予言したことが本論文の注目すべき成果です。

本論文は6章から構成されています。第1章の問題提起の後、第2章では本論文で扱う系が実験的にどのように実現されているか、そしてどのような測定が成されているかを概観しています。

いよいよ第3章では、まず単一光子生成についての研究成果を述べています。系は半導体キャビティー中の2準位ドットと光子場の相互作用、光子場の外部への漏れ、および **dephasing** の効果から成っています。これらの自由度を全て微視的に扱うのが本論文の大きな特徴です。従来の研究では外部の自由度を消去した扱いが一般的でした。この特徴を活かして、量子ドットが励起された状態から出発した系の時間発展を全て微視的に計算しました。

結果の解析においては、**dephasing** の効果に特に注目しています。まず、量子ドットが励起されている確率の時間変化では、**dephasing** によって確率の減少が遅くなる **Zeno** 効果や、逆に減少が早まる反 **Zeno** 効果を見出しました。次に、生成される光子のパルス形を求め、そのスペクトル幅が **dephasing** と共に広がる様子を見

出しました。また、生成される光子の純粋度が **dephasing** の増加のある付近で急激に減少する様子を見出しました。この純粋度は、**Hong-Ou-Mandel** 干渉計を用いて測定される光子の同時検出確率を与えるもので、本論文での理論的予言は実験的に観測可能であることに大きな意義があります。

第4章では、次に単一電子生成についての研究成果を述べています。系は整数量子ホール系の端状態と量子ドットのカップリング、ノイズによる **dephasing** の効果、量子ドット内のクーロン相互作用から成ります。この系においても、全ての自由度を微視的に扱うことによって、入射した端状態の電子の量子ドット通過後の状態を計算しました。ここでは特にクーロン相互作用によって、生成された電子のスペクトルや純粋度がどのように変化するか注目しています。（その際には **dephasing** の効果は無視しています。）フェルミ面付近での特異的な振る舞いを見出しています。

最後に第5章では、エニオンのショット雑音についての研究成果を述べています。系は分数量子ホール系の端状態2つの間のカップリング（量子ポイントコンタクト）です。この量子ポイントコンタクトを通過するエニオン電流のショット雑音を、藤井達也氏が提唱している非平衡久保公式に従って微視的に計算しています。この系では、バイアス電圧がある程度大きい状況で、電流とショット雑音の比からエニオンの有効電荷を求める実験が大きな注目を集めています。しかし、エニオンは本来、有効電荷よりもむしろ統計角で特徴付けられるものです。ところがこの系では、ショット雑音を用いて統計角を実験的に測定する手法はこれまでに提案されていませんでした。それに対して本論文では、ショット雑音のバイアス電圧依存性を調べることによってエニオンの統計角が検出できる可能性を初めて示唆しています。

本論文の以上の成果は物理学に対して新しくかつ有用な貢献をしています。本論文は藤井達也氏、加藤岳生氏、青木隆朗氏、枝松圭一氏、越野和樹氏との共同研究に基づいていますが、主要な部分は伊與田英輝氏が主体的に研究を進めて得られた成果です。以上により、論文提出者の伊與田英輝氏に博士（理学）の学位を授与できると認めます。