

<科目名>

基礎実験Ⅰ(物理学)α、基礎実験Ⅱ(物理学)α

<担当教員名>

野口 篤史(先進科学研究機構・准教授)

[u-atsushi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp](mailto:u-atsushi@g.ecc.u-tokyo.ac.jp)



<講義題目>

アドバンスト理科・研究入門

### 【授業の目標・概要】

人類は自然を観察し、その応答を調べることで中世から続く自然科学を発展させてきました。20世紀前半には、個々の量子を制御できるようになり、人類はいまや一個の原子を見ることもできますし、次々に新たな物質も生み出しています。この営みは、現代では、自然の応答を観察することを超え、自然を制御するにまで至ろうとしています。このようにして現れたのが量子技術と呼ばれる、近年注目を浴びている分野です。この分野では、量子を観察するだけでなく、その振る舞いを制御して新しい機能を発現させることを目指しています。私たちの研究室では、量子制御の精度向上とその量子コンピュータへの応用、またこうした量子技術を応用した量子情報熱力学の実験研究をおこなっています。

本授業では主に以下から、「共通テーマ」、「1か2のどちらか」の2種類の研究をしてもらいます。共通テーマは1日+αの内容を予定しています。残りの日程で1か2の内容に取り組みます。

共通テーマ：東大の浅野キャンパス内にあるIBM Qテストベットを目の前にし、マイクロ波を用いてその測定や制御技術を学ぶ。

1. 量子情報熱力学のための超伝導量子ビットを設計する
2. 新しい量子技術開発のための電子トラップの動的制御

共通テーマの内容では、東大内にあるIBM Q実機を利用することで、実際にIBM Qの超伝導量子コンピュータを目の前にし、量子ビットを測定し、その振る舞いを見る実験を行います。実際に制御可能な量子系として、超伝導量子コンピュータを物理レイヤーから触ってみます。超伝導量子ビットはマイクロ波の周波数に共鳴をもつため、マイクロ波帯の周波数を持つ電磁波を制御し量子ビットに印加することで量子ビットを制御することができます。量子といっても、何もすごく特殊なことはなく、こうしたマイクロ波の制御技術は通信技術にも広く用いられているものです。

1の内容は、量子情報熱力学と呼ばれる、量子もつれを利用した熱機関の高効率化やマクスウェルの悪魔による熱の取り出しを実験的に実証する研究です。ともにまだ実験

的な実証はなく、高い量子制御技術が要求される実験です。本授業では、これらの実験をおこなうための超伝導回路の設計に取り組みます。電磁界解析ソフトをつかって、少し複雑な超伝導量子回路の設計をします。まずは簡単な量子ビットの設計から始めます。設計した回路は、時間が許せば作製・評価するところまでいきたいと思います。

2では、話題が変わり、真空中に捕獲された電子の制御に関する研究です。私たちは、真空中に浮いた孤立量子系であるトラップ電子を非常に高精度な量子制御が可能な系として着目しています。私たちの研究室ではこれまでに、Paul トラップと呼ばれる技術で捕獲された電子をトラップ内に捕獲したまま検出することに世界で初めて成功しています。本実習ではこの技術を発展させ、真空中に浮いた電子の運動を外部電場によって制御する研究をおこないます。電子トラップ量子技術を発展させ、量子コンピュータのための基盤技術開発に貢献します。実験系の組み立てや制御・測定器を PC で制御して実験を行います。

基本的にはこれらの内容で考えていますが、私たちの研究室では他の量子制御に関する研究を行っていますので、希望に合わせて臨機応変に対応したいと思います。

<受講人数>

1～2名

<実験実施場所>

駒場 II キャンパス T 棟 002/005 号室

(浅野キャンパス 理学部 3 号館、理化学研究所和光キャンパスにも一部行く可能性があります。)

<個別ガイダンス>

2024 年 9 月 20 日 10:00 から野口研究室の個別ガイダンスを行います。30-60 分程度と思います。受講希望者は以下の Zoom 登録用 URL から登録をお願いします。個別ガイダンスに登録した人に第 1 段階選抜用のアンケートをお送りしますので、個別ガイダンス自体に都合がつかず参加できなくても、第 1 段階の選抜を受けることは可能です。

URL: (登録 URL ではなく zoom 部屋 URL になってしまっていたので、2024 年 9 月 7 日に下記登録用 URL に修正しました。)

<https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/meeting/register/tZApd-uppjwoGtOvnoBArgo8IKfQQcy-C0xr>

<選抜方法と選抜方針>

選抜は以下の 2 段階で行います。

- ・ 1 段階選抜：アンケート

9月20日のガイダンス後に、上記 zoom 登録者のメールアドレスにアンケートを配布します。9月23日に提出を締め切り9月26日までに面接対象者を発表し、対象者に面接日時を連絡します。

- ・2段階選抜：オンラインでの面接

9月27日-9月30日のどこかで1人30分程度で行います。9月30日中までに選抜結果を発表します。(予定の都合によっては土日に面接になる可能性があります、ご容赦ください。)

なお、受講対象者に選ばれていても、A1 ターム第1週(10月2-8日)に行われる第1回目の基礎実験(物理学)を必ず受講してください。受講希望曜日の基礎実験(物理学)Iに仮登録してアクセスするようお願いします。

- ・選抜方針

選抜では、意欲を重視します。意欲調査では自身の興味や身につけたい実験的技術に関してなるべく具体的に記述してください。

量子技術とは言っても、制御に使う装置や測定系自体はパソコンによって制御されます。そのため、各種実験装置をパソコンで制御する技術が重要になってきます。もしpythonやその他の言語を使ってハードウェアを開発した経験があれば、非常に助けになると思います。ですがpython自体未経験でも、問題はありません。

- ・コメント

完全に動くことがわかっている装置で実現できることがわかっていることをやるわけではないので、実験目標が達成されない場合もあると思います。そういった失敗を学ぶこと、また失敗から学ぶことが研究を通して手に入る財産となるでしょう。是非、良い失敗をしてたくさん学んでください。