

<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



<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。量子技術の最も有名な例は、近年ニュースなどでも盛んに耳にする量子コンピュータです。こうした量子技術に関連して、本授業では、超伝導量子ビットと電子トラップの研究に関連して、量子を制御するマイクロ波装置の開発や量子センサーに関する研究を行います。

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. マイクロ波パルス発生装置や FPGA を用いた信号処理ハードウェアの開発と、その装置を利用して理化学研究所にある超伝導量子回路を制御する。
2. ストロンチウム原子を用いた荷電センサーの研究

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。多くの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、上記のような超伝導量子ビットを制御するための装置の開発に関するも

のです。共通テーマの実験では、すでにある装置を利用しますが、1では例えば、RF System On Chip (RFSoc) と呼ばれるデバイスなどを利用し、マイクロ波パルスを発生させるハードウェアを開発します。超伝導量子ビットは、操作だけでなく読み出しにもマイクロ波を使います。読み出しの場合、冷凍機から出てきたマイクロ波を増幅してデジタイザによってデータ取得をします。こうしたデータの信号処理を通して、量子ビットが0にあるか1にあるかを測定します。例えば、こうした一連の処理をFPGAベースで行うことにより、測定を高速化することができます。1の項目では、こうしたハードウェアの開発をメインに行うことを考えています。さらに可能であれば、こうして開発した装置を実際に超伝導量子ビットにつなぎ、量子コンピュータの制御を行ってみるところまでやってみたいと考えています。

2では、話題が変わり原子を用いた実験です。私たちの研究室では真空中に浮いた「電子」を使った量子技術の開発も行っています。真空中に浮いた電子は環境からのノイズを受けず、さらに電子が非常に軽く、電荷を持ち電場を用いて高速に制御することができるため、非常にクロックの速い高精度な量子状態制御ができる手法として注目されています。一方で、室温で量子状態を効率的に測定するには、光を用いて対象を測定することが重要です。しかし、電子はそれ単体では光らないため、真空中に浮いた電子の観測は難易度が高く、これまでに特殊な状況でのみ実現されています。私たちは、こうした真空中に浮いた電子を、光を用いて観測する方法として、原子を用いる方法を考えています。3ではそのための基礎技術として、原子ガスの光の吸収と電磁誘起透明化と呼ばれる現象を組み合わせた荷電センサーのための基礎実験を行う予定です。研究室にあるレーザーを用いて光学系を組み立てたり、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。)

※装置を開発するという意味では1の内容が、論文を書けるかもしれないという意味では2の内容が適していると思います。

<個別ガイダンス>

2023年9月20日11:00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:

<https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/meeting/register/tZ0kd-uggjopH9xewOrHuwkz33vqxwmmVH09>

<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24日に提出を締め切り9月27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28日-10月6日のどこかで1人30分程度で行います。10月6日中までに選抜結果を発表します。

なお、面接対象者に選ばれていても、A1ターム第1週(10月3-9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。