

電気電子系

I. 電気電子系が支える社会と世界

私たちの身の回りの至る所で電気は利用されています。その役割が大き過ぎて普段は気づかないほどです。毎日の生活に欠かせない家庭用電気製品はもとより、スマホ、タブレットやパソコンなどの情報・通信機器やそれらを支えるIT（情報技術）が無くては勉強も仕事もできません。また電車、新幹線、ハイブリッド自動車、EVなどの動力と制御には電気電子技術がふんだんに使われています。メモリや各種記録記憶システムがビッグデータ社会やAI技術の基盤を支え、光通信技術が世界中をつなぐインターネットを可能にしました。またゲームや音響機器、健康・医療機器など、電気電子技術無しでは成り立ちません。電気電子技術は、文化、教育、環境、医療、福祉、娯楽などあらゆる社会活動の基盤であり、快適で心豊かな生活を支えています。



電気電子系が支える現代の社会

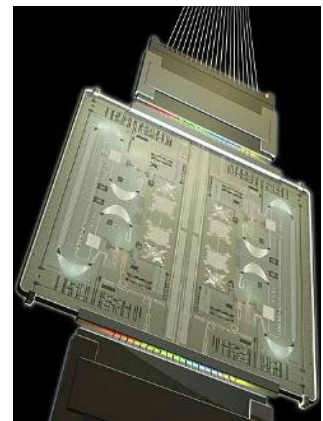
II. 電気電子系の重要性和将来像

電気電子技術は、アナログ情報やデジタル情報を電気信号に変換し、その信号の「処理、伝送、記録」を行って情報の加工や機器の制御などを行う「電気信号活用インフラ（基盤）」、およびその電気信号を様々な手法で通信することによって情報やエネルギー伝達を行う「通信ネットワークインフラ（基盤）」、電気エネルギーの生成や制御を実現する「エネルギーインフラ（基盤）」によって構成されるといえます。これらの基盤技術を実現するためには、物質の電子や光に対する特性を見極め、その特性を利用して様々な機能を実現する電子・光デバイスを開発し、これらを使って電子回路やシステムを構成することが必要です。そしてこの回路・システムを使ってエネルギー制御やワイヤレス・光通信などを行うことが基礎となっています。

電気電子技術は様々な分野に応用されて、その分野の高度化を大いに推進してきたといえるでしょう。では、電気電子技術はもう完成した技術といえるのでしょうか・・・？そんなことはありません。社会や産業の高度化と情報化が推進されればされるほど、より高度な技術が必要とされ、産業・社会全体から電気電子技術者がますます求められるようになってきています。このことは後述の電気電子系学生の進路において、様々な分野の組織から多くの求人が寄せられていることでも裏付けられます。

今後必要とされるより高度な電気電子技術は数えきれないほどあります。

例えば社会のIoT（あらゆるものがネットにつながる社会）化にとっては、ノイズの多い環境でもより正確で高感度な信号検出が必要であり、電気電子系の高度な知識とその応用が不可欠です。低消費電力で高速動作する半導体デバイスや光デバイスの開発により、AI（人工知能）を働かせるための大量



光集積回路のイメージ

のデータをより高速に「処理」「伝送」「記録」することもますます求められています。このブレークスルーとなりそうな先端半導体デバイスや、量子情報の原理を実現する量子暗号通信・量子コンピュータ用の素子開発も欠かせません。電子だけでなく光で光を制御する光集積回路も必要となるでしょう。

一方、太陽光・風力はもとより身近なエネルギー源から再生可能エネルギーを効率よく変換し、ニーズに応じた消費先に届けて効率よく使用する技術も不可欠です。また、被験者にとってストレスのない高度医療機器の開発や、完全にワイヤレス化した給電・充電システムなども将来に実現しなければならない重要なテーマです。今後も電気電子技術のより高度な研究開発を行うことにより、例えば右図のような車やロボットが実現できるかもしれません。

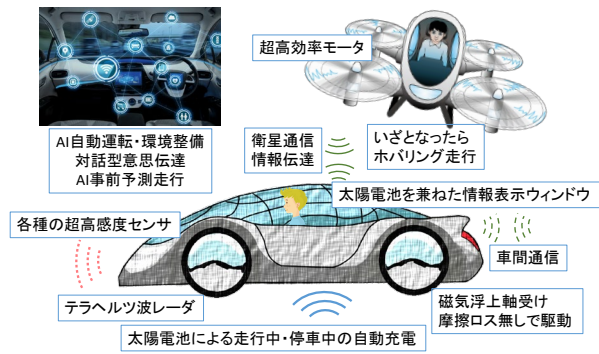
III. 電気電子系で学ぶこと

電気電子工学に関連する学問領域はきわめて多岐にわたりますが、電気電子系では基幹分野の学問領域をカバーする教育を行います。つまり、コンピュータの基礎となる回路・信号処理、集積回路、電波・通信等の情報伝達システム、情報処理・通信、電子材料、半導体デバイス、エネルギー変換と制御など、電気電子工学分野の基礎学力と応用能力を養います。数学・物理学など基礎となる学力の上に、要素技術からシステムへ展開できる総合的思考力を養い、将来の飛躍的な発展に適応できる、広い視野と創造力、そして独創性を兼ね備えた先駆的な研究者、また指導的技術者、さらには教育者を養成していきます。幅広く奥の深い電気電子工学分野の基盤を身につけると、どんな分野にも柔軟に対応できるようになります。

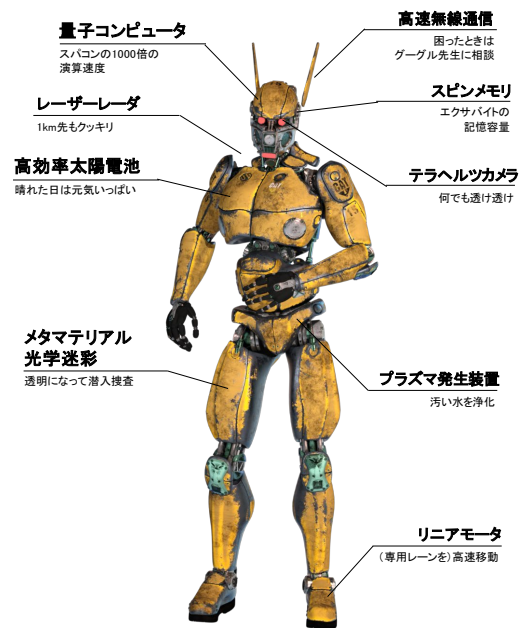
・電気電子系のカリキュラム

電気電子系の学士課程の入学から卒業までの教育ポリシーは <http://www.ee.e.titech.ac.jp/jp/edu/policy/u/> で確認してください。卒業に必要な◎科目は42単位あり少し多く感じるかもしれませんが、電気電子系の基礎を作り、将来の応用に自在に適用できるようになるための必要な科目です。なお対象分野が幅広いので、授業科目には以下に示す分野コードをつけています。電気電子工学の全体像を理解するのに役立ててください。

C：回路(Circuits), D：物性・デバイス(Physical Property and Devices), E：電磁気学(Electromagnetism),
L：実験(Laboratories), M：数学(Mathematics), P：電力(Electric Power), R：研究関連(Researches),
S：波動・通信(Waves, Communications and Signals), Z：学士特定課題研究



こんな「車」ができるかも・・・



こんな「ロボット」ができるかも・・・

・電気電子系の特色ある教育

電気電子技術の基礎と応用を身に付けてもらうために、電気電子系ではいくつかの特色ある教育や講義を設けていますのでそのいくつかを紹介します。

* 大学一年生、高校生向けの電気電子系オンライン講座 MOOC

この講座は電気電子系が提供する高校生・大学一年生向けのオンライン講座です。電気電子工学に興味はあるけれども、どこから学びはじめていいかわからない人にぴったりの講座です。

高校生・大学一年生向けにつくられています。電気電子工学に興味のある方でしたら誰でも受講いただけます。太陽電池やリニアモーターカー、プラズマを活用した高度水処理など、私たちの身近な話題から、磁気浮上による次世代モーターや新しい電子デバイス、電気電子材料、無線を使った超高速データ伝送など電気電子工学に関わる先端の話題にも触れていきます。電気電子工学の世界を電気電子系の先生方と一緒に探検していきましょう。

ちなみに、「Introduction to Electrical and Electronic Engineering - 電気電子工学入門 -」ですが、なんと世界中からの登録者が1万人を突破して現在も増えています！



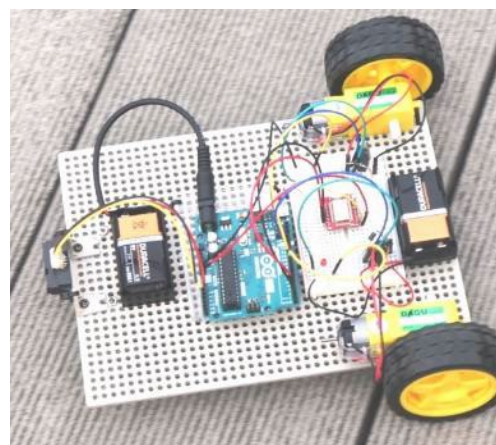
電気電子系オンライン講座 MOOC での講師の説明場面

まず、「電気電子工学入門」の動画再生ボタンをクリックして1分間のデモビデオを見てみましょう。本編を見たい人はwebの案内を見てください。

* 工学リテラシー (Bluetooth 電気自動車)

この実験主体のものづくりは工学院の一年生の授業です。電気電子系は工学院に入学しますので、電気電子系の学生さんはほとんどの人が受講します。機械の実験、電気電子の実験、その他の実験があります。電気電子の実験は8週間のプログラムで、図に示すように、Arduino (アルディーノ) CPU を搭載し、Bluetooth (ブルートゥース) で iPod にワイヤレス接続した電気自動車を製作してレースを行います。電子工作を通じて電気電子系のものづくりの楽しさを満喫しましょう。マイコンのプログラミング、PWM チョップによるモーター駆動、マイコンによる LED 制御、ワイヤレス通信、光デバイスの基礎を習得できます。また前出のオンライン講座をネットで学習し、電気電子の基礎知識を習得します！

すべては次頁に示す図にあるような構成部品から組み立てます。人気の授業です！！



Bluetooth 電気自動車



Bluetooth 電気自動車の構成部品と制御装置

* スマートデバイスを使ったアクティブラーニング

電気電子系のいくつかの授業では、ICT 機器やクラウドサービス、e ラーニングなどを活用して、アクティブラーニングへの展開を行っています。その結果、落ちこぼれをほぼなくすることができ、受講生の理解度、満足度も大幅に向上することができました。以下はこのアクティブラーニング方式にたどり着いた過程を、担当された先生に振り返っていただいた記述です。

『電気電子系の多くの講義は定員 120 名の大教室での講義スタイルをとる授業です。講義すべき内容が多い上、難易度も高く、また大人数の教室です。今振り返ると一方向の教育ビデオに似た環境だったように思います。一方向の授業にならないようにと授業中に問題を出題して、特定の学籍番号の人にでてきて解答してもらうことも試行しました。すなわち、たとえば 15 日であれば、学籍番号の末尾が 5 で終わる学生を当てました。当たった学生さんはアンラッキーという感じで、嫌そうに前にでて自信なさげに解答をします。解答内容に誤りがあり恥をかいてしまう学生さんも出て逆効果でした。

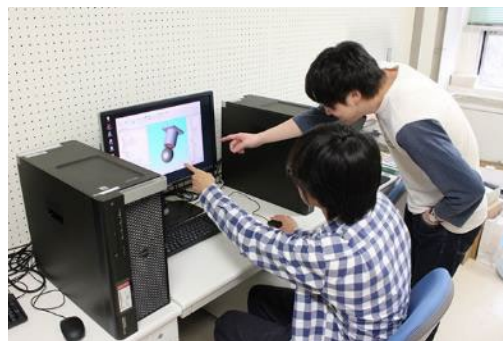
大人数教室で学生さんがアクティブに参加できるようになるためには、従来と違う発想の転換が必要だと思いました。そのような状況下で、スマートフォンなどを活用することで、参加型学習が実現できる「Handbook」というモバイルラーニングを使って「アクティブラーニング」の実現を検討しました。宿題の解答状況は Handbook 管理画面で把握できるため、一番初めに正解した学生さんがわかります。この学生さんに「君が一番に正解したので、次の授業でこの問題の解き方の解説をして欲しい」という依頼メールを送るようにしました。当初、解説は口頭でしたが、あらかじめ投影するプレゼンテーションを準備してくれるようになりました。また、一番初めに正解した学生さんなので、積極的にすぐに出でてきてくれて素晴らしい解説をしてくれます。すると、他の学生さんの緊張感も高まってきました。図はタブレットを介して Handbook 経由で問題解答する様子、そして、一番の学生さんが前に出てきて、解き方の解説をプレゼンしている様子です。』



Handbook 経由での問題解答と解説プレゼン中の様子

* 研究プロジェクト

電気電子系では特定課題研究の前に、2つの研究室をそれぞれ3週間体験する「研究プロジェクト」を用意しました。この期間に電気電子系の各種の研究分野を実際に見て体験することで、高度な研究活動の一端を知ることができます。教員たちは皆さんが抱く疑問や興味を引き出して、講義で学修した基礎概念や方法論と、実際の最先端の研究とを結びつけるようにガイドしていきます。研究テーマをグループで議論することで課題を明確にしていく方法論やデータの取得と解析技術、さらにはその考察方法など、皆さんが社会で活躍するときに必要な物の見方や考え方、具体的手法の理解を進めます。研究プロジェクトの最後には、得られた結果と考察を発表資料にまとめてプレゼンテーションしてもらい、質疑討論を行います。なお研究プロジェクトでは、大岡山キャンパスにある研究室と、すずかけ台キャンパスにある研究室を1つずつ体験してもらいます。



3Dモデルを作る！
「研究プロジェクト」の様子

* 特定課題研究

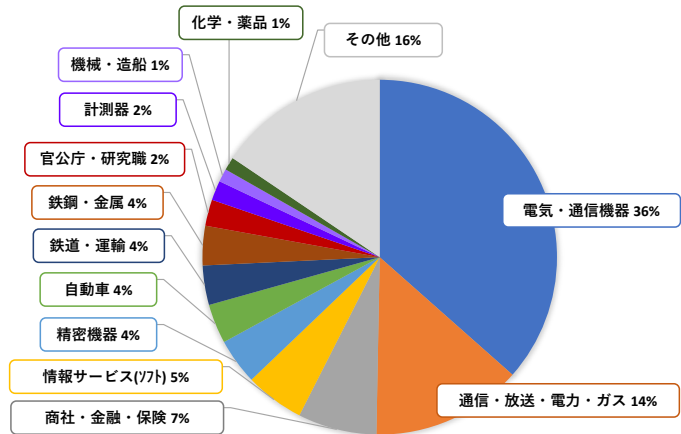
特定課題研究は特定の研究課題に取り組む内容で、研究室教育の中核です。指導教員と協議して研究課題を決定します。配属先の研究室は自分の関心、将来に合わせた分野・研究内容から選択しますが、希望が重複する場合には成績順に決定します。電気電子系の体系的カリキュラムに基づいたコースワークと相補関係にあってカリキュラムの総仕上げとと考えてください。研究を通じて専門力を向上させるとともに、新たな課題や問題を発見する力、未解決の問題を解決する力、自ら学習を継続する力など、皆さんが社会で活躍する上で必須の総合的な力が身につきます。

・ 電気電子系で取得できる資格

電気電子系に所属して必要な単位を取っておくと、実務経験を経たのち最上級の国家資格が無試験で取得できます。電力エネルギーや鉄道、大型プラントなどの分野に進もうと思う場合は、経済産業省の「**電気主任技術者**」資格を目指すのが良いでしょう。またスマホをはじめとした無線通信分野を志望する場合は総務省の「**電気通信主任技術者**」や「**無線従事者**」の取得を目指すことを勧めます。難関試験の一部または全部の筆記試験免除を申請することができます。

IV. 進路

電気電子系の学士課程卒業生は90%以上が大学院修士課程に進学しています。また修士課程からは約15~20%が博士課程に進学しています。卒業後の進路を右図に示します。就職先は電気電子機器、電力、通信、情報、精密機器、放送、自動車、鉄道、鉄鋼、機械、化学、商社、サービスなど多様な産業、研究機関や大学、あるいは官庁に就職していることがわかります。また博士課程修了生は企業からは即戦力、将来のリーダーとして期待されています。



電気電子系の就職先業種別割合(2023年度)

電気電子系への求人は非常に多く、就職希望する学生約170名に対して、求人企業数は約409社、求人希望枠の延べ数は2000枠以上にもなっています。

電気電子系の推薦枠も400枠以上ありますので、安心して進路を希望選択することができるでしょう。

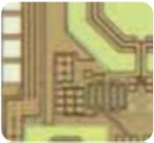
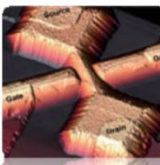

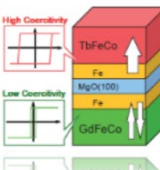

主な就職先を記載すると下記のように様々な分野の企業や組織に進んでいることがわかります。

【主な就職先】 マイクロンメモリジャパン、ソニーセミコンダクタソリューションズ、ソニー、富士通、ルネサスエレクトロニクス、村田製作所、本田技研工業、NTTドコモ、NTTデータ、キーサイト・テクノロジー、東京エレクトロン、パナソニック、日立製作所、日立ハイテク、トヨタ自動車、日産自動車、いすゞ中央研究所、旭化成、KDDI、東京ガス、東京電力、野村総合研究所、ウエスタンデジタルテクノロジー、NTT研究所、TSMC デザインテクノロジー・ジャパン、アクセンチュア、東芝デバイス&ストレージ、日本無線、ファナック、古河電気工業、三菱電機、レーザーテック、オリンパス、Nikon、みずほ銀行、任天堂、リクルート、小田急電鉄、鉄道総合研究所、三菱総合研究所、など

このように電気電子系の専門を修得した学生は多種多様な分野で必要とされています。実力を蓄えつつ、将来活躍する場面を思い描いてください。

V. 電気電子系の研究

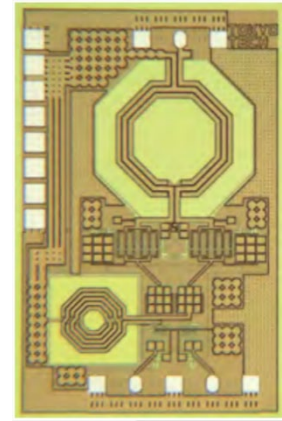
電気電子系の各基盤分野に対応した研究分野を下記のように5つに分けることができます。

	回路 高度エレクトロニクス機器に不可欠なアナログ・デジタル回路設計の先端技術、集積回路設計		デバイス 低消費電力、超高速等、先進エレクトロニクスに不可欠な革新デバイス研究 化合物デバイス、量子機能デバイス、テラヘルツデバイス、グリーンデバイス、知的デバイス
	波動通信 次世代通信ネットワークシステムのハードからソフトまで一環研究 フォトニクス、無線通信、超音波・光センシング		電子材料・物性 新機能材料の物性制御と先進デバイスへの展開 エネルギーエレクトロニクス、スピントロニクス、ナノ・バイオフォトニクス、有機エレクトロニクス、集積エレクトロニクス、バイオエレクトロニクス
	電力・エネルギー 電力システム、電力変換、電気機器、高電圧・環境技術の先端技術を網羅 電力システム、電気機器、パワーエレクトロニクス、プラズマ・環境		

各分野で独自のテーマの研究開発が進められているとともに、各分野を横断する形の研究プロジェクトも活発に推進されています。各分野の概要は以下の通りです。

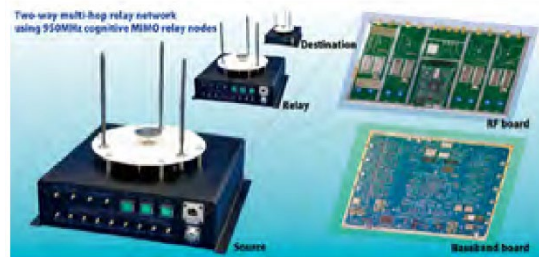
回路

回路研究分野では、トランジスタや容量などの素子を巧みに利用して、世界初の電子回路や信号処理技術、センサ技術を実現する研究を行っています。特に本分野で研究を進めている集積回路は、スマートフォン、パソコン、テレビ、デジカメ、ゲーム機、自動車などを実現するために必要不可欠な中核的技術であり、その世界的な市場は成長し続けています。我々は、この分野をリードし次世代を担う人材を輩出し続けることをミッションとして、例えば、世界最速の無線通信ができる集積回路や、微弱な環境エネルギーを収集して動作するIoTデバイス、病気の前兆をとらえる超高感度かつインテリジェントなセンサなどの研究を進めています。世界を驚かせるエレクトロニクスを一緒に創り上げませんか。



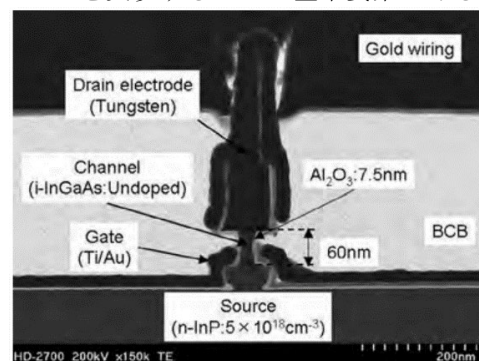
波動通信

この研究分野に共通するキーワードは「波」であり、奥深い物理の理解から最先端の情報技術までを網羅し、通信は最も身近な応用と位置付けられます。基盤技術としては、光デバイスおよび集積回路、アンテナおよび高周波回路、無線通信工学および信号処理、環境電磁工学などがあります。この分野で活躍しようと思う学生の皆さんは、新材料の開拓や独自設計によるデバイス・装置の実現からシステムの実験、さらには多岐にわたるシミュレーションまで行えます。「波」を使った広い分野をカバーし、「世界で初めて」あるいは「世界で最高」の成果を常に目指した研究にチャレンジしませんか。



デバイス

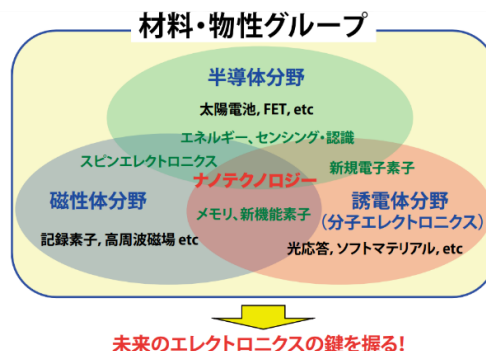
IoTや人工知能を活用し、環境にやさしく、エネルギーを効率的に利用する高度な知識情報社会を将来に渡って持続的に発展させていくには、システムを実現するための基本要素である半導体デバイス技術をさらに高度化していくことに加えて、原理に遡って新しい技術の開拓に果敢にチャレンジすることが重要です。新規半導体材料としてのダイヤモンド、2次元原子薄膜材料、シリコンや化合物半導体などをベースとした、低消費電力で高速高効率動作するデバイスやセンサ、パワーデバイス等の研究を行っています。また、量子コンピュータなど新原理のデバイスや、光と電波に挟まれた未開拓の周波数帯であるテラヘルツ波のデバイス開発等に取り組んでいます。



電子材料・物性

新しい電気・電子デバイスの出現は、私たちの生活に大きな変革をもたらします。そのため、革新的な材料開発と先進的なデバイス化技術の開拓に大きな期待が集まっています。

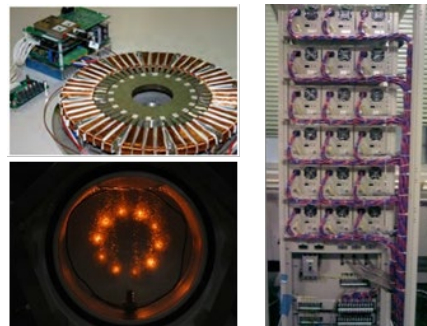
集積回路や太陽電池に「半導体」、情報記録素子に「磁性体」、表示素子に「液晶・有機分子」、バイオデバイスの実現のための「ナノ材料」など、様々な電子材料が使用されています。こうした既存デバイスの特性向上のための材料開発や物性制御に留まらず、新しい機能を持つ材料の創成に挑戦し、世界初の先進的デバイスを提案し、その動作を実証します。



電力・エネルギー

エネルギーと環境、水と食の安全、そして地球温暖化など、世界は今大きな問題に直面しています。これらの諸問題を解決すべく、電力・エネルギー・環境をキーワードに研究に取り組んでいます。

太陽光や風力で発電した電力の 99%以上を利用できる電力変換・制御技術は、電力を活用する基盤技術として非常に注目されています。さらに、レアアース磁石を使用しない高出力・高効率モータの実現、水の浄化といった環境応用や新規エネルギーキャリアなどの新材料開発を可能とする種々の高度プラズマ技術、また、粒子ビーム応用技術など、電気エネルギーを活用し社会に役立てるための研究を行っています。



VI. 電気電子系の研究室と研究テーマ

電気電子系の各分野では将来の基幹技術となる様々な研究が行われています。

各研究室で実施されている研究内容のキーワードを示しますので、興味があれば下記の電気電子系 web サイト、あるいは右の QR コードから各研究室の web サイトには是非アクセスしてみてください。以下に、特定課題研究を担当している先生をご紹介します。

https://educ.titech.ac.jp/ee/faculty/research_lab/



回路グループ

【岡田研】

超高速ミリ波無線通信
デジタル無線機・発振回路
IoT 向け無線機, 5G 向け無線機

【伊藤浩之研】

超低消費電力回路
高感度センサ
酪農/畜産/農業/歯科用センシング技術

【徳田研】

超小型ワイヤレスデバイス、IoT デバイス
生体埋め込みデバイス、バイオセンサ、
イメージセンサ

【白根研】

CMOS 集積回路、宇宙無線通信、5G/6G、
IoT、無線電力伝送、高放射線耐性無線機、
機械学習による無線指紋

波動・光および通信グループ**【阪口研】**

無線通信工学
5G/6G/IoT/ミリ波/無線電力伝送
コネクティッドカー/自動運転

【廣川研】

世界にない新しい構造の平面アンテナ
1秒の通信で数十分映画が楽しめるアンテナ
はやぶさ2に続く衛星搭載平面アンテナ

【西山研】

超低消費電力半導体レーザ
大規模光集積回路
光レーダー

【植之原研】

光ファイバ伝送・スイッチングシステム
有線・無線融合アクセスシステム
光信号処理用集積デバイス

【中村健太郎研】

超音波の産業応用とヘルスケア応用
光ファイバを用いたセンサ
光と超音波の相互作用を用いた計測応用

【Tran 研】

ギガビット級無線基幹回線ネットワーク、
AIを活用するリソース制御・最適化、
ドローンを活用するIoTネットワーク

【中川茂研】

量子フォトニクス
AIフォトニクス
集積フォトニクス

【雨宮研】

光インフォマティクス
集積フォトニクス
フォトニックナノ構造

【西方研】

環境電磁工学
高周波材料測定
聴覚情報処理

【青柳研】

ボディエリアネットワーク、ヘルスケア、医療
情報通信
環境電磁工学

【庄司研】

シリコンフォトニクス
光スイッチ
磁気光学デバイス

【宮本智之研】

光無線給電システム
光無線給電用光モジュール・光デバイス
面発光レーザ

【黒澤研】

電気音響変換器
弾性表面波リニアモータ
環境振動圧電発電デバイス

【田原研】

医療超音波
農業計測
生体機能計測

【戸村研】

衛星搭載用アンテナ
無線通信
大規模電磁界解析

【藤井・太田研】

第6世代移動通信システムの無線通信技術
臨時無線中継システム技術
アンテナ技術、電波伝搬技術

デバイスグループ**【波多野研】**

ダイヤモンドデバイス
生体向けセンサデバイス
新規カーボン薄膜デバイス

【宮本恭幸研】

超高速・低消費電力を目指した電子デバイス
(InP系・GaN系)の研究

【鈴木研】

テラヘルツデバイス、テラヘルツ応用 (3次元
イメージング、バイオセンシング)

【岩崎研】

ダイヤモンド量子センサ
生体向けセンサデバイス
固体量子光源

【大見研】

シリコンMOSトランジスタ
有機半導体トランジスタ

【小寺研】

量子コンピュータ基盤技術、
量子情報デバイス、
ナノ量子エレクトロニクス

【角嶋研】

SiC, GaN パワーデバイス
薄膜太陽電池デバイス
不揮発性メモリデバイス

【渡辺研】

ナノ構造デバイス
量子効果光電子機能デバイス
ヘテロ構造の形成と機能設計

材料・物性グループ**【山田研】**

半導体の太陽電池応用
Cu(InGa)(SSe)₂ 薄膜太陽電池の開発

【中川茂樹研】

スピントロニクスデバイス, スピンストレージ
デバイス, 超伝導スピントロニクス,
磁性薄膜・超微粒子を用いた各種応用

【間中研】

有機トランジスタ
有機半導体・誘電体計測技術
分子キラリティのエレクトロニクス

【伊藤治彦研】

近接場光学
ナノフォトニクス
アトムフォトニクス

【飯野研】

液晶性有機半導体材料
有機トランジスタ
フレキシブル・エレクトロニクス

【荒井研】

量子計測, 量子センシング・イメージング,
量子インフォマティクス,
人工知能

【若林研】

極微細シリコン電子デバイス, 二次元原子層状
半導体デバイス

【宮島研】

半導体エネルギー変換
ヘテロ接合型結晶シリコン太陽電池,
有機・無機ハイブリッド太陽電池

【Pham 研】

新型強磁性半導体の開発
スピン p・n ダイオードの開発
スピンバイポーラトランジスタ

【梶川研】

メタマテリアル
機械学習を使った光学設計
光学バイオセンサ

【菅原研】

新原理トランジスタ/メモリ,
高効率・低消費電力集積回路
ウェアラブル熱発電モジュール

【田口研】

誘電体・絶縁体
摩擦発電
電氣的及び光学的評価法

【當麻研】

プラズモニクス
バイオセンサ
モバイルヘルス

電力・エネルギーグループ**【千葉研】**

次世代自動車用モータとドライブ
非接触磁気浮上ベアリングレスモータ
次世代ロボット用モータシステム

【萩原研】

電力用パワーエレクトロニクス
再生可能エネルギー用電力変換器
鉄道・電気自動車用 DC-DC コンバータ

【河辺研】

再生可能エネルギー
電力システムの解析・制御・最適化
電力システムへの先進技術の応用

【赤塚研】

非平衡プラズマの発光分光計測法の開発
プラズマエレクトロニクス
半導体プロセスのためのプラズマ計測

【藤田研】

電力変換回路の高性能化
高周波インバータとその応用

【竹内研】

プラズマを用いた高度水処理および材料合成・
改質, 気液界面プラズマの化学・物理的特性の
解明

【清田研】

自動車用をはじめとする各種リラクタンスモータ,
ベアリングレスモータの高効率化, 高出力
化, 低騒音化

【沖野研】

新しい大気圧プラズマ装置の開発
プラズマの医療・生命・材料・農業応用
プラズマ発光分光/質量分析装置開発

【佐野研】

電力系統用パワーエレクトロニクス
電力システム工学
洋上風力発電用直流送電

【浦壁研】

パワーエレクトロニクス基盤・要素技術

【筒井幸雄研】

協働ロボット，軽量アクチュエータ
メカトロニクス，モータドライブ

【原田研】

パワーエレクトロニクス/デバイスモデル
解析技術