

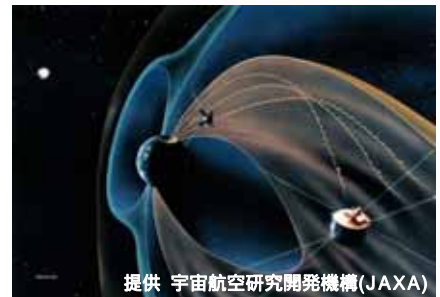
ナノテクノロジーから宇宙まで
現在そして未来を支える科学技術を学ぶ

京都大学工学部 電気電子工学科

電気電子工学と聞いてみなさんは何を連想しますか？ 電灯、コンセント、家電製品？ 確かにこれらは電気電子工学の範疇にありますね。パソコン、デジカメ、携帯電話？ それだけですか？ ハイブリッド自動車、ロボット？ なかなかいい線いっていますね。しかし、皆さんが想像する以上に京都大学工学部電気電子工学科で学ぶ（研究の対象としている）領域は広大です。このパンフレットがそれを知る一助になれば幸いです。

それでは最初に、電気電子工学科の研究領域の広さを示す二つの例を紹介しましょう。

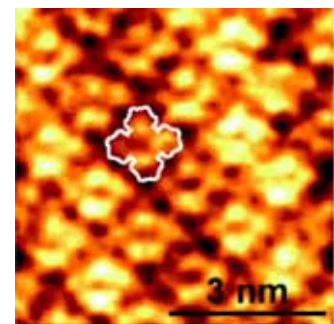
大きなところでは、地球や宇宙の研究をしている先生たちがいます。電波やレーザー光を使って、地球の大気の流れや地球を包む電離層の様子を詳細に調べているグループや、太陽から吹いてくる高速プラズマ流（電子と原子核がバラバラになった電磁的流体）である太陽風の研究をしているグループなどがあります。これらは、地球温暖化や異常気象の解明、宇宙空間の活用(人工衛星や惑星探査、宇宙ステーション)に欠かすことのできない基礎研究です。なぜ電気電子工学科なのか？それは、このような最先端計測を行うためには、アンテナや電波伝搬、信号処理（これらは明らかに電気電子工学ですよ）の真髄を究めなければならないからであり、プラズマは、電磁気学と量子力学（電気電子工学の2大基礎学問）により記述される状態であるからです。



提供 宇宙航空研究開発機構(JAXA)

磁気圏観測衛星 GEOTAIL
太陽風と地球磁場の相互作用を解明するために打ち上げられた衛星。電気電子工学科のメンバーが観測ミッションに参加した。

逆に小さい所では、物質の構造や配列をナノメートル($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)の極微サイズで制御することによって、新しい機能を持った素子(デバイス)を実現しようという、いわゆるナノテクノロジーを研究している先生たちがいます。ナノテクによって、爪先ほどの面積に DVD 何千枚分の情報が記録できる超高密度メモリや、手のひらに載るスーパーコンピュータが実現できると期待されています。半導体ナノ構造作製技術や、原子や分子一つ一つを認識し、自在に並べる技術、さらに、作製したナノ構造において発現する新しい電気的、磁氣的、光学的性質の解明などの研究が進められています。電子工学(エレクトロニクス)の新領域をナノテクにより切りひらくという挑戦です。



走査プローブ顕微鏡技術
京都大学独自の技術による超高分解能像。銅フタロシアニン分子のクローバー状構造がくっきりと見える。画像の一辺は6nm。

サイズにおいて両極端な例をあげましたが、今の話だけでも、みなさんの想像した電気電子工学とは全く異なるのではないのでしょうか。電気電子工学科は、基本分野で言えば、電力、電気機器、回路、光・

電子材料・デバイス、イオン・プラズマ、通信、情報、制御、システムを基本としており、そこから派生して、医療や生体、地球、宇宙、原子力（核融合）と広がっています。

工学部と聞くと、実用に直結した応用研究をイメージされるかもしれませんが、京都大学工学部では、基礎研究も盛んです。基礎研究を標榜する理学部の違いは何かといえば、理学部は純粋な学術的興味を出発点とする基礎研究であるのに対して、工学部は、「あんなこといいな、できたらいいな」という夢を実現するための基礎研究と言えるかもしれません。例えば、100%の効率で電気を光に変換する発光デバイスが実現できれば、莫大な省エネルギー（二酸化炭素排出削減）効果が期待できます。（高効率と言われる蛍光灯でさえその変換効率は25%です。）効率100%というのは最も根源的な物理限界、エネルギー保存則そのものであり、シンプルではありますが、極めて困難な挑戦です。その実現には、材料の壁、デバイス構造の壁、光取り出し効率の壁など、多くの壁（技術的課題）が存在します。この壁を打ち破るためには、量子力学、熱力学、統計力学、固体物理学、材料科学、結晶学などの基礎的な視点で、それぞれの「壁」の原理や仕組みを解明し、その理解に基づいた解決方法を創造し、実験によって検証する必要があります。電気電子工学科のあるグループは、原子レベルでの半導体結晶の形成過程の基礎研究をし、また別のグループは、半導体内における発光過程を最先端の分光学的手法で解明しようとしています。個々のテーマ自体立派な基礎研究ですが、それに取り組む、教員・学生の中には効率100%の発光デバイスという共通の夢があります。



半極性面 GaN 発光ダイオード
現在市販されている発光ダイオードは極性面を利用しているが、それに対して傾いた結晶面を使うことで効率の向上を目指す。本学科と企業との共同研究成果。

基礎研究の別の例を紹介しましょう。電力や制御の分野では、皆さんから見れば、ほとんど数学と呼べるような研究がされています。本学科名誉教授の上田先生はカオス研究の第一人者として世界的に知られていますが、先生の研究テーマは、非線形素子を含む電気回路でした。つまり、電気回路の研究者です。電気回路における非線形現象を抽出し、非線形微分方程式としてモデル化して研究を進める中で、カオスの振る舞いを見出したのです。（電気回路の表面的な改良などではなく、現象の本質に踏み込んだ基礎研究をしていたからこそ、カオス現象の発見につながったと言えるでしょう。）他に、ロボット・自動車をはじめとあらゆるシステムに不可欠な自動制御理論がありますが、これに関する研究も盛んです。どのような制御対象にも適用可能な一般化したモデルに対して、安定・迅速な制御を実現する基礎理論の構築を目指した研究が行われています。

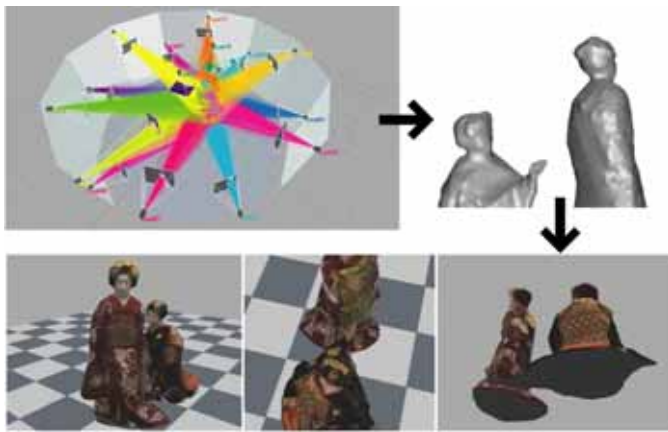


ウエダアトラクター
ある種の非線形微分方程式におけるカオス現象を示すグラフ。発見者にちなんでウエダアトラクターと世界的に呼ばれている。

電子工学分野では、基礎物理学を研究している先生方がいます。例えば、あるグループは、量子論に基づく新しいタイプの計算機（量子コンピュータ）の基礎となる、「量子もつれ状態」を実験、理論両面から研究しています。また、光の波長のオーダー（数百 nm）で作られた周期的な構造（フォトニック結晶と呼ばれています）において、光が特異な振る舞いをする現象があります。このフォトニック結晶の分野で、次々と新しいコンセプトを提案し、世界的に注目を集めている研究グループがあります。京都

大学から提案されたコンセプトは、次世代の光通信ネットワークの基盤技術として、また、量子コンピュータの基本素子への応用が期待されています。このような研究をしている先生や学生たちの活躍する場は、物理学会や応用物理学会などとなっています。

電気電子工学科となっていますが、先生方の顔ぶれ、研究室のホームページを見て頂ければわかるように、1/3の先生は通信・情報の研究をしています。(これまでの話を総合すると、光電気電子通信情報制御システム工学科と名称変更したいところですが、長すぎますね...) 同じ工学部の情報学科における通信・情報関連研究との違いを良く聞かれるのですが、明確な区分はありません。どちらかと言えば、電気電子工学科の方が、物理現象やハードウェアに根ざした研究テーマが多いようです。電気電子工学科の通信・情報分野でも、ユニークな研究が進められているのでいくつか紹介したいと思います。



3次元動画記録

スタジオの15台のビデオカメラから送られてくる画像をPCクラスタが解析し、3次元形状を計算機内に構築、さらに、物体表面に色・模様がマッピングされる。

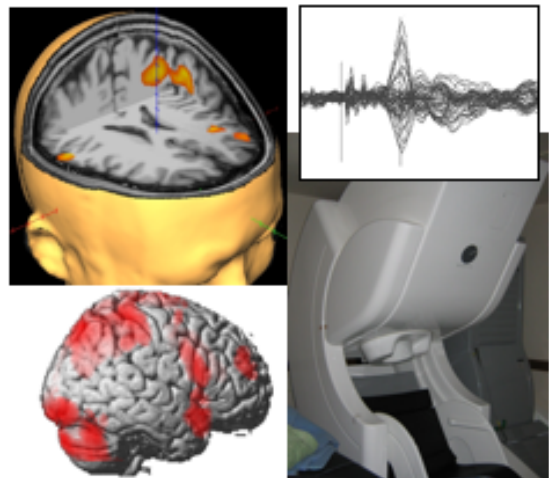
一つは、言葉を理解するコンピュータの研究です。電気電子工学科には、長年の機械翻訳研究の歴史があります。昔は速度の遅いコンピュータで、国語辞典の例文などを元に言語構造(文法)などを解析する研究が行われていました。現在は、インターネットという超弩級の例文集と、非常に高速なコンピュータの利用が可能になったという大きな状況の変化があります。これは単に量的な変化ではなく、質的な変化をもたらします。つまり、超高速コンピュータが広

大なネットワークを自動的に探索することで、「莫大」な量の文章から自ら「何か」を学び取る可能性がでてくる訳です。SFで、社会情勢分析用のスーパーコンピュータが広大なネットワークを検索するうちに意志を持つという話がよくあり

ますが、最先端研究ではそれに近いことが行われています。(意志を持つかは分かりませんが。)

また、3次元動画記録の研究をされている先生もいます。多数のカメラからの動画を計算機内の仮想三次元空間に再構築、マッピングすることで、空間そのものを3次元的に記録するというものです。遊園地に3D映画などがありますが、それは、撮影した一台のカメラから見た視点の記録にすぎません。この3次元動画記録では、計算機のメモリ上に3次元空間そのものが保存されていることが大きな違いです。つまり、後から、任意の角度で見ることが可能、つまり、計算機内に動く立体空間を再現することが可能なのです。能や狂言などの無形文化財のデジタルアーカイブ、現実空間をバーチャル空間に取り込む手法として期待が持たれています。

電気電子工学の研究分野は広がりつつあります。最初に紹介した、宇宙・地球の研究は最たるものですが、他に、医療、生体などの分野も研究されています。例えば、制御理論に立脚した、外科手術における麻酔医の役割を担うシステムの開発が京都大学医学部と共同で行われており、麻酔医不足を解消する新技術として注目を集めています。また、脳内の極めて微弱な電磁場を計測することで、脳の活動を3次元的に



脳機能計測と可視化技術

脳磁界や磁気共鳴画像により脳の働きを調べることで先端医療や脳科学に貢献している。

可視化（イメージング）し、脳機能の解明を進める研究も行われています。生体関係では他に、電子回路と神経回路のインターフェースを実現すべく、イオンビーム照射によりチップ表面に神経細胞を誘導する領域を形成し、チップ上で培養する神経細胞の成長方向を制御することで、電子-神経回路を目指しているグループもあります。

ここで紹介した研究分野は、電気電子工学科の研究のほんの一部に過ぎません。数多くの、面白くて、挑戦的な研究が行われています。是非、各研究室のホームページを見て、どのような研究が行われているか自分自身で確かめてください。どの研究室も、それぞれの分野では国内トップクラス、世界屈指の研究室も数多くあります。電気電子工学科のほとんどの学生が、修士課程へと進学し、2年間の修士課程で知識を深めると共に、最先端の実践的な研究活動に携わり、専門性を高めてから社会に出ています。一流の研究者を目指す学生たちは、さらに3年間の博士課程に進学します。博士課程の学生たちは、著名な学術誌に英文論文を投稿し、また、国際会議で堂々と研究報告を行い、自分の研究成果を世に問います。博士課程修了後は、国内外の企業の研究所、公的研究機関や大学で活躍しています。

電気電子工学科の研究テーマには、理学部や工学部の他学科と重なっているテーマも多くあります。例えば、「量子力学」に関わる研究をしたいのであれば、電気電子工学科以外に、理学部の物理学教室、工学部の物理工学科も選択肢としてあり得るでしょう。その中で、電気電子工学科の特色は何かといえ、1～3回生の間にこれまで述べてきたような非常に広範な分野の先生たちの授業や演習を受け、広い視野を持った後に、自分のもっとも興味を持った専門に進めるといえるのでしょうか。高校生の間に見聞きする科学技術の分野はあまりに限られています。壮大な科学技術のまさに氷山の一角に過ぎません。その限られた知識だけで、進路を決めてしまうのは少しもったいない気がします。大学で間近に最先端の研究領域を見聞きし、その基礎を勉強し、その上で、自分の専門を決められるのは大きなメリットと言えるでしょう。自分の専門に進んだ後も、広い視野を持っていることや、すぐ隣の部屋に、違った分野を研究している研究室があることは大きな強みになります。例えば、新しい半導体デバイスの研究開発を行うとき、物理学者は、半導体物理には詳しいかも知れませんが、その半導体材料の製造技術や、そのデバイスを使用する回路、回路が組み合わさって構築されるシステムがどのようなものか想像を巡らすことは難しいと思います。自分の専門分野の前後に広がる領域のことを分かって研究することはとても大きな強みで、また、独自の発想や、領域を超えた共同研究につながる大きなメリットです。

本学科の卒業生は社会で非常に高い評価を得ています。ホームページで卒業生の進路を見て頂ければ、その就職先は、電気、電子、情報、通信分野のみならず、機械、自動車、鉄鋼、化学、金融などと幅広い業種に及んでいることが分かると思います。電気電子工学（それ自体やその考え方）は社会のあらゆる分野に滲透しており、活躍の場がたくさんあるのです。一方、電気電子工学科のカリキュラムは厳しいことでも有名です。（その厳しいカリキュラムをやり遂げたからこそ、実力が身に付き、社会のどの分野に行ってもやっていけると言えるかもしれません。）電気電子工学科に入学してから勉強しなければならないことはたくさんありますが、これまでの受験勉強とは違い、電気電子工学科でのひとつひとつの科目が自分の未来の可能性、研究者・技術者としての幅を広げる有意義な勉強です。みなさんが、高い志を持って、本学科を志望してくれば幸いです。

詳しくは...
京都大学工学部電気電子工学科
<http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp>

執筆： 京都大学工学部電気電子工学科
電子物性工学講座半導体物性工学分野
(将来構想検討委員会 広報担当) 准教授 須田 淳
写真提供： 京都大学電気電子工学科教員