

電気電子システム工学科

<http://www.es.yamanashi.ac.jp/>



■情報エレクトロニクスコース

ローコストな製造方法による高効率太陽電池の開発

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
教授 加藤 孝正 電子メール: kato@yamanashi.ac.jp
HP: <http://www.es.yamanashi.ac.jp/research/#kato>

私たちの研究室では、現在の太陽電池の約2倍の高い効率をもつ太陽電池の実現に向けて、新しい半導体材料の開発と安価な製造装置の開発を目指して研究を進めています。

クリーンなエネルギーの実現は全世界的な課題です。原子力発電の比重を減らしていくためにも、自然エネルギーを利用することが強く求められています。現在のシリコン太陽電池では、理論的にも30%以上の効率のものを作製することはできません。シリコン太陽電池では太陽光スペクトルの一部しか発電に使っていません。Si太陽電池よりも広い範囲の太陽光スペクトルを利用できれば効率を上げることができます。私たちの研究しているタンデム型太陽電池は、近赤外光から赤色までの光を吸収する半導体と赤色から青色までの光を吸収する2種類の半導体を積み重ねて太陽電池を作製します。理論効率は50%以上となります。作製方法は簡単で、半導体原料溶液を小さな穴の空いた容器に入れ、20kV位の高電圧を印加します。すると溶液は穴から霧状に噴出して直径1 μ m以下の微粒子となり、加熱したガラス基板の上に到達して半導体結晶として成長していきます。この方法は大気中で成長させるため、非常に簡単な装置でできること、大面積にすることも可能であるという特長をもっているため、高効率太陽電池を安価に作製できると期待できます。

この太陽電池の研究のほかにも、有機半導体を使った薄くて曲げることも可能な高性能の有機トランジスタの開発研究も行っています。有機半導体結晶を規則的に並べてやれば電流が流れやすくなり、Si半導体に匹敵する高速動作が可能なトランジスタが実現できると考えて研究を進めています。

最表面の電子スピンを見るための研究

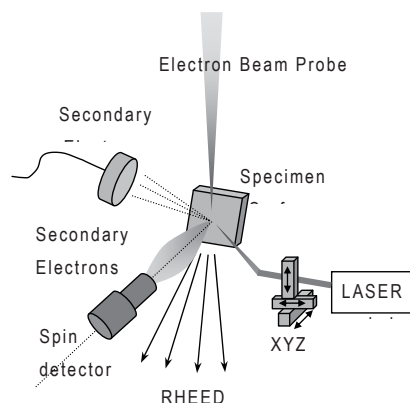
山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
准教授 居島 薫 電子メール: ijima@yamanashi.ac.jp

Question 電子スピンってなんでしょう？

Answer それは磁石の正体です！

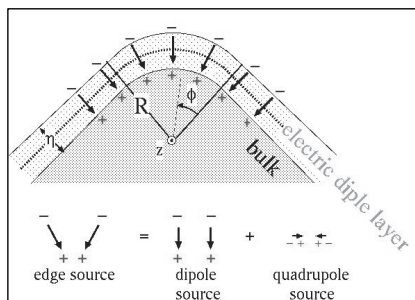
物質最表面の原子は結合相手が居ません。だから電子が余っているんです。結合相手が居ない最表面では、物の性質が全然違います。新機能が隠れています。このような領域の電子を捕まえてスピン（自転方向??）を測れば表面の磁性を解明出来る、と信じて測定装置を造っています。しかしながら、最表面だけの電子のスピンを計測する技術や装置はまだありません。私達はこれを実現するために『世界にたった1つしかない電子顕微鏡』を造っています。

表面の電子は、高速の電子ビームの照射によって叩き出したり、レーザー光を照射して叩き出したり、特殊な針をぶつからないように近づけたりと、色々な方法を試しています。出てきた電子のスピンを計測する検出器も市販されていないので、Mott氏の理論に基づいて造っています。測定は超高真空環境で行います。国際宇宙ステーションの軌道上よりもさらに1万分の1まで気圧を下げた特殊な環境です。部品を設計しては組み込み試し、ものづくりを楽しんでいます。完成まであともう一歩の実験装置を見てみませんか？



非線型光近接場の理論

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 助教 坂野 齋 電子メール: banno@yamanashi.ac.jp
 ホームページ: <http://www.yamanashi.ac.jp/~banno>



近接場光は物質近傍の電磁場で、通常の光（放射場）と異なり、伝搬せず物質の近くにとどまる非放射場です。このごろは微細な物質の計測や微細加工に応用されています。近接場光は、実は高校の物理で習うクーロンの法則で記述できます。クーロンの法則は電荷密度により生じた電場を記述し、電磁波の伝搬には関係ありません。どのような電荷がどこにどの程度生じるかわかれば、どこで近接場光が強くなるか分かります。このように光近接場の物理は簡単です。ちなみに通常の光（放射場）は電流密度で生じて伝搬する電磁場で、アンペールの法則とファラデーの法則に支配され、非放射場と質的に異なります。

微細な物質の光近接場でもう一つの特徴は、光の波長以下にエッジ（右図）や尖端の構造があり対称性が低いことです。対称性の低さは、通常の光学では隠れていたり、起こりにくいさまざまな現象を可能にします。私たちの研究を図で説明しましょう：この図は物質と真空（空気）の界面の曲率半径 R のエッジ断面です。界面では電子の浸み出しにより真空中に $-$ 、物質側に $+$ の双極子の層（電気二重層）ができます。図の下方の式はエッジでの双極子のペアが双極子成分だけでなく四重極子成分をもつことを表しています。私たちの研究では、ここに赤い光を入射すると、エッジ特有の四重極子が赤い光の電場が2つ関わることを可能にし、青い光の周波数の電荷密度をエッジにのみつくり出します。この電荷密度から生じた“青い”近接場光は伝搬できずここにどまり、たまたま近くにいた分子に光化学反応を引き起こしたりします。私たちは、多くの方が簡単に理解して使える理論をつくる研究をしています。

分子配向制御による高性能有機トランジスタの開発

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 助教 小野島紀夫 電子メール: nonojima@yamanashi.ac.jp
 ホームページ http://www.es.yamanashi.ac.jp/research/index_html#nonojima

有機半導体材料は、非常に多様性に富む有機化合物（分子）で構成されており、プラスチックなど軽くて柔軟なシート上にもデバイスや電子回路を形成できます。また、溶液を塗布するだけで半導体素子ができるので、低コストかつ環境負荷の少ない製造法（印刷など）を利用できます。このように有機半導体で構築されるエレクトロニクス（有機エレクトロニクス）は、人や地球環境との親和性が良いため、身の回りのどこにでも空気のようにセンサや電子タグが存在する世界の実現が期待されています。

我々は、有機半導体デバイスのキーテクノロジーである有機トランジスタの高性能化に向けて研究しています。有機半導体デバイスでは、有機分子の並び方（配列）を正確に制御することで性能を大幅に向上できます。分子が自然に持つ力（自己組織化機能）を利用して、分子配列を人為的に操作する技術の開発に取り組んでいます。将来的には分子を自由自在に操って有機トランジスタや有機ICを作製することを目指しています。

（右の図は、表面ナノ周期構造上に有機分子を成長した結果を示しています。有機分子が規則正しく配列していることが分かります。）

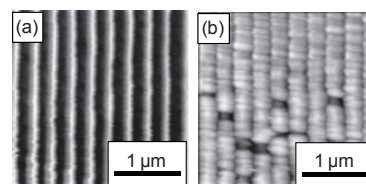


Fig. 1 原子間力顕微鏡像。(a) 表面ナノ周期構造 (320ピッチ), (b) 有機分子ペンタセンを成長した表面。

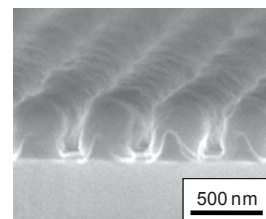


Fig. 2 電子顕微鏡像。表面ナノ周期構造上に成長した有機分子ペンタセンの断面。

量子ナノ光科学/ナノフォトニクス基礎研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 教授 小林 潔 電子メール: kkoba@yamanashi.ac.jp

私たちが日常目にする光は質量がゼロのため、ナノメートルという微小な空間に閉じ込めることはできません。ましてや空間の1点に止めることも出来ません。しかし、光子と物質が相互作用した結果である近接場光ならそれも可能です。この近接場光を横糸にして実験グループと議論しながら、光子と物質の自由度を同等に扱う新しいナノ光物質科学の理論構築をめざしています。また、物理や数学などの基礎的なことは押さえつつも、既存の枠組みに囚われないで普通の光では起こり得ない新しい現象に挑戦し、それを用いたナノ光電子機能デバイスの可能性を探求しています。

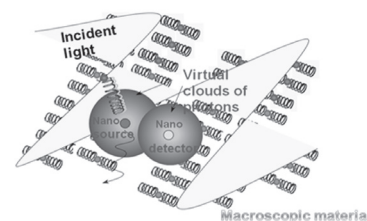


図1 ナノ空間における光と物質の概念図

新しいナノ光物質科学の理論はどんな描像に基づいて構築されようとしているのでしょうか？それを図示したのが図1です。パネは物質中の原子や分子、青色とピンクの円がナノ物質、その回りの陰影のついた円が近接場光、黄色の曲線が日常目にする光を表しています。

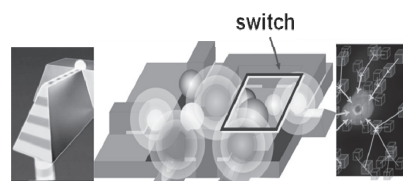


図2にはそのような近接場光とナノ物質を用いたナノ光電子機能素子の概念図を表しています。

IEEE J. Sel. Topics Quant. Electron 8 (2002) 839

図2 ナノ光電子機能素子の一例

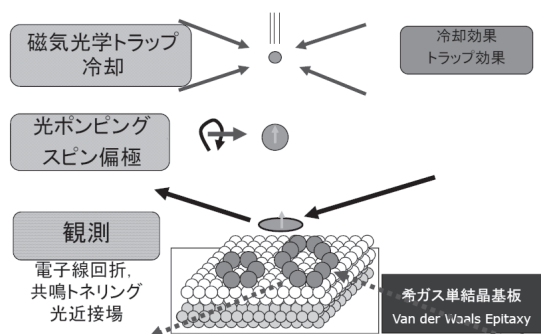
スピンの拓く量子機能デバイスの研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 教授 鳥養 映子 電子メール: et@yamanashi.ac.jp
 助教 白木 一郎 電子メール: ishiraki@yamanashi.ac.jp

スピンは、電子や原子に与えられた精妙で、たいへん興味深い性質で、ミクロな磁石のような振舞いと、ひとつの粒子がいくつもの様相を同時に持つような量子力学的振舞いをします。スピンを原子のレベルでコントロールし、使いこなすことができれば、量子計算機など、画期的な機能を備えた新時代のナノデバイスが生まれます。

外部の磁気を遮断し、宇宙空間に匹敵する超高真空の中で、最先端の磁気光学トラップ技術（レーザー光と磁場勾配を使って100マイクロケルビン以下に原子を冷却する技術）で集めた原子集団のスピンをコントロールし、極低温のアルゴン原子結晶の上に量子機能を発揮すると期待されるスピんクラスターを発生させる、世界に先駆けた研究を進めています。

さらに、このナノサイズのクラスターを含む物質の極表面の電気的磁気的性質を観測できる未来型機能走査プローブ顕微鏡の開発も大きな課題です。



*スピン（矢印）の並び方で原子（灰色の丸）の並び方が変わります。

光・電子デバイス用半導体とナノ構造機能開発の研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当

教授 松本 俊 電子メール: tm@yamanashi.ac.jp
准教授 鍋谷 暢一 電子メール: nabetani@yamanashi.ac.jp
准教授 村中 司 電子メール: tmuranaka@yamanashi.ac.jp

HP: http://www.es.yamanashi.ac.jp/research/index_html#matumoto

私たちの研究室では、透明導電膜、高効率太陽電池材料、半導体ナノ構造などの薄膜成長から物性評価そしてデバイス作製までを行っています。成膜や結晶成長では、『分子線エピタキシー(MBE)法』と呼ばれる真空成長技術を用いています。また、電子顕微鏡(TEM, SEM)や元素分析(EPMA, XPS, AES)などの評価装置を用いて、作製した半導体薄膜やナノ構造などの特性評価を行っています。ここで、これらの研究を紹介します。

1. 酸化亜鉛系透明導電膜の低温成膜

酸化亜鉛(ZnO)はワイドバンドギャップ半導体として、青色から近紫外の半導体レーザーや発光ダイオード材料として非常に注目されています。このような単結晶としての応用とは別に、ワイドバンドギャップであることを活かした透明導電膜としても盛んに研究が行われています。その背景には、太陽電池や平面ディスプレイに用いられている酸化インジウムスズ(ITO)が、In資源の枯渇および価格急騰が深刻化し、その代替材料の開発が急務とされていることが挙げられます。ZnOはドナー添加量によって抵抗率を広い範囲で制御できるので、

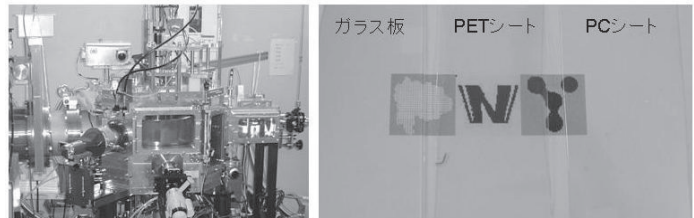


図1 酸化亜鉛薄膜堆積装置(左)と作製した透明導電膜(右)

透明導電膜に加え薄膜トランジスタ(TFT)にも利用できる材料です。私たちの研究室では、ガラス基板だけでなくプラスチック基板上への成膜も視野に入れ、100°C以下でも成膜可能な薄膜堆積装置を地元の企業(株)中家製作所)および山梨県工業技術センターと開発しました(図1)。原料は高純度亜鉛と酸素で、それぞれ独立して基板に供給します。高温での化学反応を用いないため、酸素をプラズマによって活性化し、反応しやすい状態にして供給します。各種基板上に成膜した結果、可視域での透過率が80%以上で非常に低抵抗($\sim 10^{-4}\Omega\text{cm}$)のものが得られています。またZnOは一般にコラム成長しやすい結晶ですが、低温成膜ということもあり、成膜したZnOの表面粗さは2nm以下と極めて平坦です。現在は、大面積基板上への均一膜の作製、プラズマ源の検討など、実用化に向けた開発を行うとともに、TFTの作製も行っています。

2. マルチバンドギャップ半導体による高効率太陽電池材料の開発

禁制帯中に中間バンドをもつマルチバンドギャップ半導体では、中間バンドが「飛び石」として働き、禁制帯幅よりも小さいエネルギーの光も吸収し光電変換に利用できます。このマルチバンドギャップ半導体として、II-VI族化合物半導体のZnTeに酸素をわずかに添加したZnTeO混晶の研究をしています。酸素は電気陰性度が大きいために電子を局在化し、その局在準位が禁制帯中に形成されます。しかしZnTeOは非混和性が強く、酸素の組成を均一にすることは困難です。そこでMBEでRFプラズマによる活性酸素を用いたエピタキシャル成長を行っています。現在までに、0.5%程度までの均一な酸素組成のZnTeO混晶が成長できており、局在準位を介した光吸収によって自由キャリアが生成できることが検証できています。

3. 量子構造半導体の作製と新機能デバイスの創製

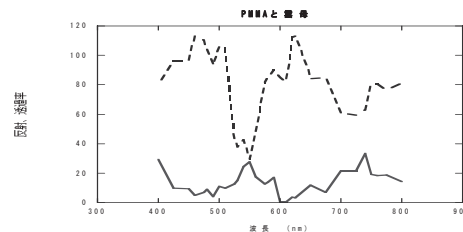
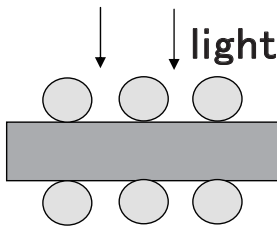
ナノ光電子機能をもつ半導体として、量子細線の研究を行っています。量子細線は、微傾斜基板表面に発生する分子層ステップにMBEを用いて選択成長しています。断面TEMで観察した格子像を解析すると、ステップの間隔に対応した量子細線が作製できていることがわかりました。この方法で量子細線内に磁性元素を並べ、スピンチェーンを作製することに取り組んでいます。スピンチェーンのような磁性ナノ構造半導体では外部磁場によって励起の移動が制御でき、局所光による励起輸送の解明および新機能デバイスが創製できます。その物性を探るために、極低温(4K)強磁場(8T)中で光学特性を調査しています。

透明なもので色をコントロール

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
教授 藤間 一美 電子メール: rose@yamanashi.ac.jp

物質はそれに固有な色があります。たとえば金や銀などに固有な色、染め物に使う染料の色などです。ところが私たちが識別する色には物質の色ではすまされない何かを含んでいそうです。それは同じ染料で染めた違う素材、同じペンキをぬった金属と木材を見比べて見てみれば明らかでしょう。このようなツヤ、透明感、肌理までを含めて物の色の見え方という問題に科学的な解釈と説明を与えること、それが目標です。

研究の対象は身の回りにたくさんあります。その中で化粧品に使われる複合粉体と呼ばれる材料の構造を図に示しました。薄い雲母の板の上に小さなアクリルの玉が無数に付いています。雲母もアクリルもどちらも透明な物質ですが、血色の良い肌色を演出できる優れた材料です。ところが製造の過程のごくわずかなずれでその性能が大きく変化します。計算してみるとアクリルの玉の数が減ってくると肌の血の赤みが強く見えることが分かりました。結果のひとつをやはり図に示します。実線が透過率、破線が反射率です。つまり透明な物同士のうまい組み合わせを探し出して逆に色をコントロールすることができるのです。



量子情報理論の研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
教授 内山智香子 電子メール: hchikako@yamanashi.ac.jp
ホームページ: <http://shingen.ccn.yamanashi.ac.jp/~hchikako/>

最近、情報通信や数値計算等の飛躍的な向上のために量子力学原理を利用できることが明らかとなり、量子情報と呼ばれる分野が急速に成長してきています。その発端は、多数桁の整数を2つの素数に分解する計算(素因数分解)に量子力学の性質を用いると、現在のコンピュータよりも格段に少ない演算ステップ数で実行できる、という Shor の発見でした。この発見は、公開鍵暗号と呼ばれる暗号の安全性を脅かす可能性を示唆するため、注目を集めました。今日我々は、インターネットを通じて気軽にクレジットカード番号等の重要な個人情報やりとりしていますが、その際には公開鍵暗号の原理を基にした手続きを踏んで暗号化した情報をインターネットに流しています。公開鍵暗号では、盗聴者が暗号化した情報をかすめとり、解読するためには多数桁の整数の素因数分解をしなくてはなりません。そのために、例えば現在のスーパーコンピュータで数億年を要するならば、暗号の解読は事実上不可能となります。しかし、Shor の研究はこの計算が実行可能となることを示していたため、その後の様々な研究分野に大きな影響を及ぼしたのです。

量子計算の実行をめざし、現在様々な研究が盛んに行われています。しかし、量子情報を実際に物理系に実装する際には、ある障壁を克服することが要求されます。この障壁は、量子情報を担う系が、周りを取り巻く世界から望ましくない影響を受けて変質してしまうことにあります。本研究室ではこの障壁を取り除き、より容易に量子計算を実行する手法を提案することをめざした研究を行っています。



ナノスケールでの電気・磁気特性の評価

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 助教 白木 一郎 電子メール: ishiraki@yamanashi.ac.jp

極限環境における物質表面の構造変化、電気特性変化をナノスケールで調べています。図中の観察像は、絶対温度 5K、超高真空 ($\sim 10^{-10}$ Torr)での Si 表面の様子を、原子間力顕微鏡 (AFM) といわれる顕微鏡を用いて観察したものです。白く明るく見える輝点は、最も表面に突き出した Si 原子の一つ一つです。この観察像を得るためには、1nN (= 10億分の1ニュートン) 未満という原子と原子の間に働く極めて微弱な力 (原子間力) を検出する必要があります。そのために、世界最先端の研究の多くは光てこ方式を用いていますが、この光が試料の電気・磁気特性を変化させてしまうため、特性評価には不向きです。そこで、世界で初めて光てこを用いない方式の顕微鏡を開発しました。これにより、ナノ構造 (nm スケール)・ナノ応力 (nN スケール) に特有な電気・磁気特性変化を解明できると期待されています。

極低温非光学式原子分解能 AFM

カンチレバー上のピエゾ抵抗体に変化 (ホイーストンブリッジ回路で検出)

$\frac{\Delta R}{R} = \frac{4}{V} (V2 - V1)$

変位 $d = \alpha \times \frac{\Delta R}{R}$
(α : 感度)

R → R + ΔR
レバーが撓む

極低温 (~ 5 K)での原子分解能観察

Si(111)-7x7 清浄表面 4nm

p(2x2) c(4x2)
Si(100) 清浄表面 3nm

非光学式力検出: 光を、物性評価に利用できる。
 原子分解能 AFM: 原子分解能で、応力や電流・電場を制御できる。
 極低温: 低温での物性発現を利用できる。
 ・超電導磁石を用いて、強磁場中の測定ができる。

ナノ空間の光と電子が生み出す新機能

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 教授 堀 裕和 電子メール: hirohori@yamanashi.ac.jp
 助教 内山 和治 電子メール: kuchiyama@yamanashi.ac.jp
 ホームページ: <http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~kuchiyama>

10億分の1メートルを単位にして測るような微細な領域、ナノ空間に、微細で複雑な半導体の構造を作り、その間でナノ空間の光に相当する近接場光を通じて相互に作用が伝わり、あちらの半導体の中の電子の動きがこちらの半導体の中の電子の動きに影響を及ぼすというような相互関係を生み出すことができます。これを近接場光相互作用といいます。これは、私たちが普通に光と呼んでいる光の波が形成される距離である、1ミクロン程度の範囲に、これまでの電子回路のような半導体の構造に配線をするやり方では作れなかったような、きわめて複雑な階層的な関係性を生み出すことができ、情報処理形態を根本から変える新基盤となる可能性を持っています。研究室では、近接場光相互作用の基礎的性質、そして微細構造を作りこんだデバイスの新機能を、超高真空強磁場環境で動作する走査型プローブ顕微鏡という装置により解明する実験と、さらにそれを使いこなす理論の研究を同時に進めています。「世界で誰も知らないことを自分たちで見ると」。常に期待と驚きを持って研究を進めています。

発想の転換
配線型デバイスから励起輸送デバイスへ

配線型機能

素子1 素子2
電気エネルギーの流れ

マクロな外部回路

ナノ半導体間の近接場光励起移動が生み出す新機能

ナノメートル空間で完結する機能

ナノ半導体素子2

ナノ半導体素子1

励起源

光励起エネルギーの流れ

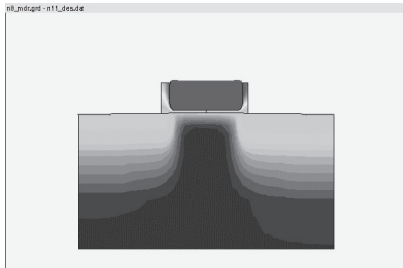
光励起エネルギーの流れ

ミクロな外部回路を構成

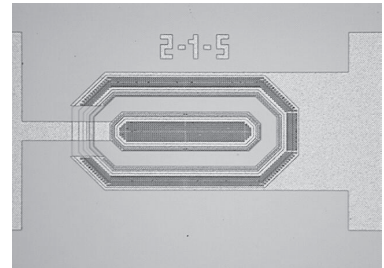
高性能・高信頼性パワーデバイスの研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
教授 矢野 浩司 電子メール: yano@yamanashi.ac.jp
ホームページ: <http://www.es.yamanashi.ac.jp/>

21世紀は地球上のエネルギー枯渇や環境悪化の問題が益々深刻化すると予測されています。パワーエレクトロニクスは地球の有限なエネルギーを効率良く利用したり、電気自動車のような環境に優しい新しいシステムを生み出す重要な分野です。パワーエレクトロニクスの中で重要な役割を果たしているのが、トランジスタ、ダイオード等の半導体パワーデバイスです。パワーデバイスの性能で重要なことは、高速で動作すること、電力ロスが低いこと、高温環境下で安定に動作することです。我が研究室では、これらの性能を満足する新型構造の半導体パワーデバイスを提案し、コンピューターシミュレーションでデバイスの動作解析や設計を行い、半導体製造装置を用いて試作するという研究開発を行っています。また最近ではシリコン(Si)に変わる半導体材料である炭化珪素(SiC)を使ったパワーデバイスの研究をしています。SiCは理論上Siパワーデバイスのロスをもっとも下げることができる夢の半導体材料として現在注目されています。



シミュレーションによるトランジスタ内部の電子分布の解析



半導体絶縁膜上のシリコン層(SOI)中に2ミクロンデザインルールで作製した横型パワーIC用デバイスの表面構造

電気電子システム工学科

<http://www.es.yamanashi.ac.jp/>



■情報通信システムコース

大気圧プラズマ・ピエゾ電気センサー回路の研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学担当
教授 秋津 哲也 電子メール: akitsu@yamanashi.ac.jp

プラズマ状態は固体→液体→気体の上にある物質の第4態で高気圧では一般に高温状態です。溶接用のアーク放電や雷・稲光がその代表になります。大気圧で室温付近の低温プラズマを励起する高周波放電プラズマ励起の技術と表面処理は1987年頃上智大学の小駒益弘博士によって考案され、大気圧グローなどの名称で呼ばれています。表面親水化や高水準消毒・滅菌などに利用されています。図1左側は大気圧非平衡プラズマの発光です。大気圧放電を励起する駆動回路の設計技術はパルスパワー工学と呼ばれ、インダクタンス素子にエネルギーを蓄積する方式の電源回路を小型・高繰り返し型に改良する研究を行っています。

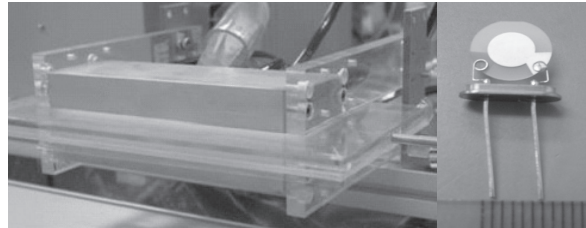


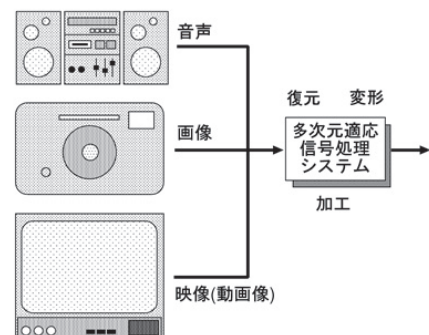
図1 左側 大気圧プラズマ (提供: 大川博司博士) 右側 水晶振動子 μ 天秤用水晶振動子

図の右側はナノマテリアル研究用の水晶振動子 μ 天秤のセンサーです。1950年代に山梨大学は人工水晶国産化の研究において中心的な役割を果たしていました。いまでも県内・隣接地域には水晶振動子に関わる会社がいくつかあり、電気工学科卒業生が大勢活躍しています。時間・周波数の標準として用いられるタイムベースとしての応用分野に加えて、水晶発振回路の周波数の変化として重さの変化を測定する電気化学分析、生命系の抗原検出や環境センサーとして利用されています。電子回路のノイズ・環境ドリフトなどの基礎研究と新型回路のSpiceシミュレーション、測定結果のテレメータリングなどの研究を行っています。

多次元適応信号処理

山梨大学 工学部 電気電子システム工学担当
教授 大木 真 電子メール: ohki@yamanashi.ac.jp
ホームページ: <http://www.sp.es.yamanashi.ac.jp/~ohki>

現代社会では、情報を伝達・記録するために様々な物理的変化が利用されています。情報を担うこれらの物理的変化を「**信号**」と呼びます。信号を有効に利用するためには、伝達に適した形に信号を加工したり、伝達の途中で歪んでしまった信号を元に戻したり、情報を取り出しやすい形に変形したりといった操作が必要になってきます。これらの操作を「**信号処理**」と呼びます。信号として典型的なものは時間的に変化する物理量ですが、場所や位置によって変化する物理量を信号として用いることもできます。これらは、複数の座標軸を持っているので「**多次元信号**」と呼ばれます。写真やテレビジョンを思い浮かべれば分かるように、今日の社会では多次元信号が盛んに利用されています。また、信号の性質は時間や位置とともに変化して行くことが多く、またその性質は事前には知られていないことが少なくありません。そのような場合には信号の変化に追従して信号処理の内容を自動的に変化させることが必要になります。これを実現するのが「**適応信号処理**」と呼ばれるものです。本研究室では、多次元信号を適応信号処理するための理論および装置の研究を行っています。



さまざまなロボットの開発と制御

山梨大学工学部 電気電子システム工学担当
 教授 清弘 智昭 電子メール: kiyohiro@yamanashi.ac.jp
 ホームページ URL: http://junkshop.mesa.yamanashi.ac.jp/

清弘研究室では様々なロボットを開発しています

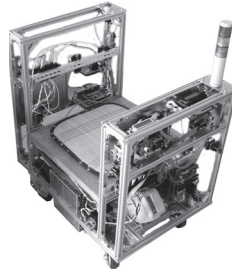
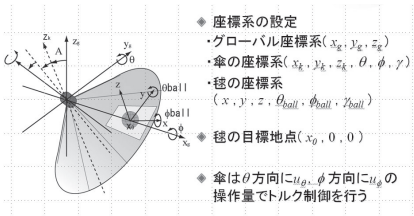
人間の習熟した専門知識を備えたロボット



人間の鍛えられた技を実現する「傘回しロボット」の研究

人間の熟練した技を理論的に解析してロボットで実現する試みです。理論的に解析して式にすることをモデル化といいます。モデル化した結果を用いて傘回しロボットを実現しています。

傘回しの理論的解析の試み

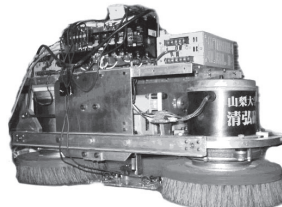


視覚障害者を安全に誘導したい「歩行ガイドロボット」の研究

内部に地図を持つと共に、超音波センサなどの各種のセンサを用いて環境や物体の形状を認識して視覚障害者を誘導します。

人間の代わりに3K労働をするロボット「床磨きロボット」の研究

回転するブラシと床との摩擦を利用してロボットの移動や、舵取りを行なうもので、推進用の動力を持たないので小型軽量にできる。2つのポリッシュャを持っていて、前進・後退、左右への横ばい、回転などが自由にできて、狭いところでも清掃が可能です。



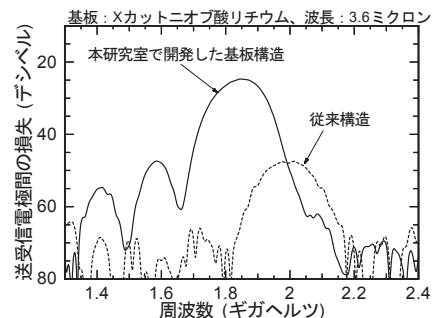
弾性表面波を用いた通信・光制御デバイス

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 准教授 垣尾 省司 電子メール: kakio@yamanashi.ac.jp
 ホームページ: http://pine.ese.yamanashi.ac.jp/~kakio/

皆さんの携帯電話やスマートフォンの中で、しょっちゅうマイクロな地震が起きています。マナーモードで震えるバイブレータではありません。そう、SAW (ソウ) フィルタのことです。SAW (Surface Acoustic Wave: 弾性表面波) は、固体の表面に沿って伝搬する弾性的な波動です。地震において縦波 (P波) と横波 (S波) の後に続いて地表面に沿って伝わってくる、うねるような振動も SAW です。水晶やニオブ酸リチウムのような圧電性 (電界を加えるとひずみが発生する性質) をもつ基板上に設けた、微細な “すだれ状電極” に高周波電界を加えることによって、SAW を励振することができます。例えば、上図に示すように、送信側の電極から励振した SAW をもう一方の電極で受信すると、様々な周波数の中から欲しい周波数成分だけをこしとるフィルタの機能をもたせることができます。このマイクロな地震を利用した SAW フィルタは、小型、高安定な特徴を活かして携帯電話や ETC などに実用されています。この SAW フィルタに対して、低損失化や高周波化が求められており、本研究室では、そのための基板構造や材料の研究を行っています。また、このマイクロな地震によって、レーザー光をオン/オフしたり、振り分けたりする光制御素子の研究も行っています。本研究室で生みだされたアイデアにより、世界に一つしかないユニークな基板構造や光制御素子を開発しています。下図はその一例であり、フィルタの高周波化に有利な縦型 SAW の低損失基板構造を世界で初めて開発しました。



SAW 励振電極 (すだれ状電極) 受信電極
 (基板サイズは数 mm ~ 数十 mm 四方)



視覚障害者向け支援装置の研究開発

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 准教授 小谷 信司 電子メール：kotani@yamanashi.ac.jp
 助教 渡辺 寛望 電子メール：hwatanabe@yamanashi.ac.jp
 ホームページ：http://junkshop.mesa.yamanashi.ac.jp/~kotani_lab/index.htm
 http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~kotani/

日本には1級視覚障害者の方が11万人います。その中で18歳未満の若年失明者は1%に満たず、大半は40歳以上の中途失明者です。中途失明者にとって白杖歩行を習得することは容易ではありません。そこで盲導犬が望まれます。現在の日本の盲導犬の数は約1,000頭で、盲導犬の育成数は年間約110頭、寿命は10年であることを考えると需要に遠く及びません。

右の図1、図2に示す装置は研究開発中の視覚障害者向け携帯型歩行支援装置です。視覚障害者は画像処理とナビゲーションを行う小型軽量省電力コンピュータをリュックサックやウェストポーチに入れます。眼鏡に装着した小型カメラから取り込んだ画像を処理し点字ブロックの探索や危険状態の検出を行います。また、地図情報とのマップマッチングを行います。白杖と併用することで安全性を確保して、視覚障害者は道案内を受けること、階段の昇り降り、公共交通機関の使用が可能になります。視覚障害者とのインターフェースはバイブレーションと音声を利用します。

現在、白杖にマルチスポットレーザを取り付け、従来の白杖では届かなかった距離の3次元情報の獲得、下り段差や下り階段の検出の研究を行っています。



図1：実験の様子

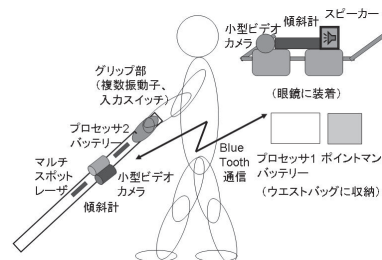


図2：システム全体構成図

視覚障害者の現在位置を推定するために、画像情報と地図情報とのマッチングの他に、3軸加速度センサと高精度な地磁気センサを用いたインテリジェント歩数計の開発も行っています。この歩数計は、歩数をカウントするだけでなく歩行状態（平地、上り坂、上り階段、下り坂、下り階段）の推定を行うことができるので、画像の目印がない場合にも、現在位置の推定を行うことが可能です。現在位置、歩行状態、歩行軌跡はGoogle Mapで確認することができます。図3に歩数計の写真、図4に表示画面を示します。

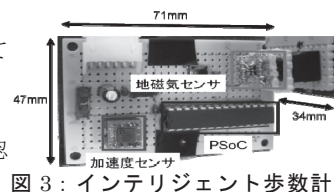


図3：インテリジェント歩数計

地図情報を作成するには非常にコストがかかります。そこで、ロボットを一度走行させて、地図情報を自動的に作成するシステムを研究開発しています。図5に研究に利用している自律移動ロボットPioneerと自動的に作成された廊下環境の地図を示します。

画像処理・画像認識の技術を適用して自動車を運転しているドライバの集中力評価を行っています。カメラから取り込んだ運転中のドライバの顔の3次元位置・方位、視線方向、まばたきの頻度を検出して、どのぐらい集中しているかの評価を行います。



図4：Google Mapで表示した歩行軌跡

- ロボットによる廊下環境地図の自動作成
 - エンコーダ情報とレーザーレンジファインダー
 - ICPアルゴリズムによる補正
 - 複数回走行による環境地図の自動更新

図5：使用しているロボットと作成された廊下環境の地図



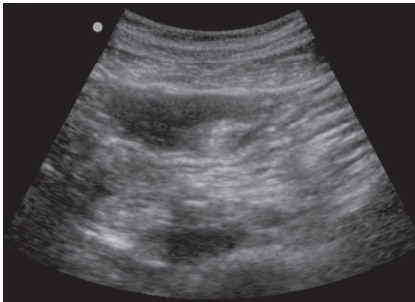
図6：顔の画像処理例

多次元信号処理技術とその医療工学・食品工学への応用に関する研究

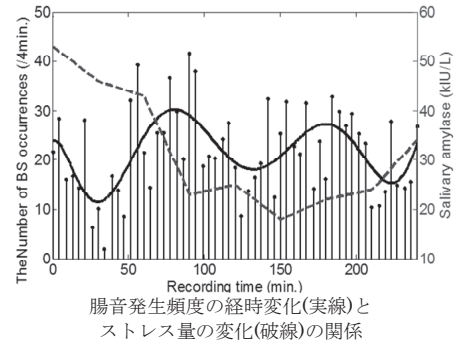
山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
准教授 阪田 治 電子メール: osakata@yamanashi.ac.jp
ホームページ: <http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~osakata/>

本研究室では、様々な生体信号・画像(脳波、筋電図、心電図、腸音、MRI、超音波断層像など)についての研究を行っています。これらの生体信号・画像を解析することで、人間の感性や情動のメカニズムの解明や、新しい病気の診断法の開発を行っています。

研究テーマの例を挙げると、次のようなものがあります。(1) 脳波解析による潜在意識下食嗜好の検出、(2) 腸音解析による集中治療室入院患者の消化管モニタリング技術の開発、(3) 腹部超音波動画画像解析に基づく新しい食品デザイン技術の開発、(4) 異なる種類の生体情報の融合・統合に関する研究、他。



食物を消化中の小腸の様子



本学医学部や他大学との共同研究を積極的に行い、広く学際的な研究を体制を作り、主として生体信号に基づく「人間の医・食・感性」に関する研究を行っています。

高機能集積回路(LSI)の設計

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
准教授 佐藤 隆英 電子メール: takahides@yamanashi.ac.jp
ホームページ: <http://www.ccn.yamanashi.ac.jp/~takahides>

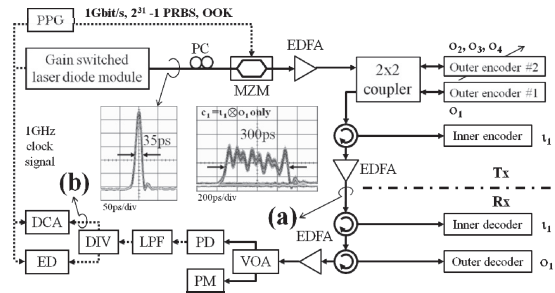
スマートフォンやゲーム端末などの情報機器は近年目覚ましい進歩をとげています。小さな筐体内で高速・複雑な信号処理を可能にしているのは集積回路(LSI)です。当研究室では集積回路の設計を研究しています。集積回路にはデジタル信号を扱う回路とアナログ信号を扱う回路があります。現在はデジタル信号処理が主流です。デジタル信号処理は、①ノイズに強い、②集積化に適する、③多機能化が容易などの利点を持つため、急速に進歩しました。しかし、私たちが感じる音、温度、色(光)などは時間に対して連続的に変化するアナログ信号です。高度なデジタル信号処理を施した出力信号も、人間が理解するためにはアナログ信号に戻さなければなりません。この役割を担うのがアナログ集積回路です。0と1でしかないデジタル信号が、アナログ集積回路により人間の感情を揺さぶる美しい音楽や映像などとして出力されるのです。さらにアンテナや種々のセンサから得られる電圧や電流などの信号の多くもアナログ信号です。センサから得られた微弱な信号は直接デジタル信号処理回路で扱うことが出来ません。信号を増幅し、必要な信号の選別を行ないデジタル信号処理回路が処理可能な信号に変換するものアナログ集積回路の重要な役割です。アナログ集積回路はデジタル信号処理の高機能化と共に重要性を増しています。当研究室ではこのアナログ集積回路の低消費電力化、高速化、低雑音化等、アナログ集積回路の抱える様々な課題の解決を目標とした研究を行っています。

光ファイバ通信向け光信号処理とその応用

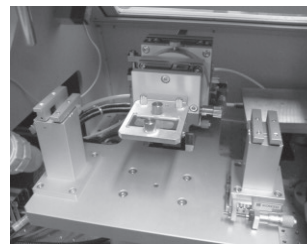
山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当
 准教授 埴 雅典 電子メール：hanawa@yamanashi.ac.jp
 ホームページ：http://www.ics.es.yamanashi.ac.jp/

携帯電話やインターネットなどの通信サービスは今や私たちの生活に欠かせないものになりました。当研究室「通信」をキーワードに、光ファイバ内部に回折格子を作りこんだファイバグレーティングを用いた様々な光信号処理技術の研究を行っています。

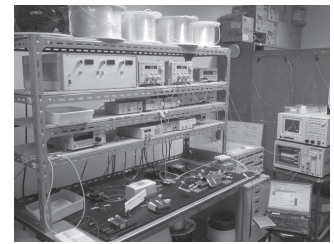
一本の光ファイバを同時に複数のチャネル(送信機と受信機の対)で同時に利用する技術を「多重化」といいます。光信号の多重化の実現方法として私たちは光符号分割多重方式に注目して研究を行っています。この方式では、右上図のように送信機で光信号に「符号」と呼ばれる鍵をかけて(符号化して)送信し、受信機でこの鍵を開けて(復号化して)受信します。鍵(符号)が一致しないと信号を取り出せないため、チャネル毎に異なる鍵(符号)を用いることで多重化が可能になります。このときに用いる符号器/復号器という装置をファイバグレーティングで作成し、柔軟で安価な超高速光通信ネットワークを実現することが、私たちの研究テーマの一つとなっています。



光符号分割多重実験系 (Tech. Digest of OECC2011, 5B3-1 より引用)



ファイバグレーティング作成装置



高速光伝送実験系

次世代大容量ホログラフィックメモリの開発とその応用の研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科
 准教授 本間 聡 電子メール：shonma@yamanashi.ac.jp
 ホームページ：http://www.es.yamanashi.ac.jp:8080/~mutoken/

光通信や光情報処理は 21 世紀の IT 社会をリードするキー技術です。テレビのハイビジョン化，個人による映像情報発信の流行化，ユビキタス社会の進展に伴い，常に情報量は増大の一步をたどり，多くの情報を保存したい，送信したい，処理したいというニーズが顕在化しています。CD や DVD などの既存の技術の延長では，光の回折限界の問題より，これ以上の飛躍的な記録密度の向上が難しいと言われております。したがって，既存の記録技術とは大きく異なる原理を用いた情報記録技術の開発が望まれており，様々な大学・研究所で様々な研究が行われています。

私たちの研究室では，次世代の情報記録技術の有力候補として考えられている，ホログラフィー技術の中核とした光メモリや光情報処理，その他，光制御型光配線技術の研究を行っています。具体的には，

1. ホログラフィー技術を用いた T byte を超える大容量の新しい光メモリの開発
2. ステレオビジョン技術とホログラフィックメモリを用いた高速顔認証システムの開発
3. 光信号で他の光信号の経路を制御する全光制御型配線技術の開発

を目指しています。毎年，国際会議で発表するなど，世界に向けた研究を心がけてやっています。

VIP な精神 (気力 Vitality, 知力 Intellect, 体力 Physical-Strength) を養いながら，“研究はロマン！”の実践を日々行っています。幾多の失敗にもめげずに・・・

真空紫外～赤外レーザーの研究

山梨大学 工学部 電気電子工学科担当

助教 宇野 和行 電子メール: kuno@yamanashi.ac.jp

ホームページ: http://erdb.yamanashi.ac.jp/rdb/A_DispatchInfo.Scholar/2_3/71374CAA588EB8B.html

本研究室では、真に産業応用に適した、誰でも・どこでも・いつでも・すぐに動作する・低コストで・高性能なレーザーの開発とその革新的産業利用について研究しています。本研究室特有の軸方向放電励起気体レーザー方式による真空紫外域（図中VUV）や中赤外域（図中MIR）のレーザーの研究

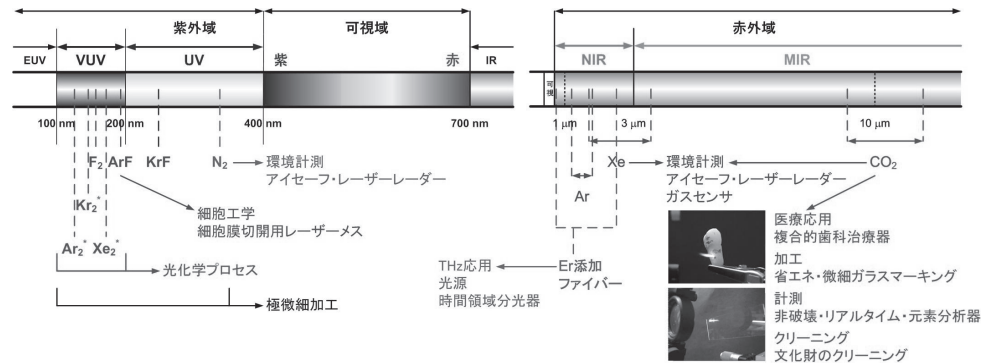


図. 研究対象のレーザーの種類（波長）とその産業応用例

や現在世界で最も注目されているフェムト秒ファイバーレーザーの研究を行っています。どちらの研究も、企業と共同開発を行っており、近い将来、製品化する予定です。本研究室では、基礎研究から製品開発、新しい応用分野の開拓まで実行できる一流の技術者・研究者を育てます。

次世代移動体通信用超伝導フィルタの研究

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当

助教 關谷 尚人 電子メール: nsekiya@yamanashi.ac.jp

「いつでも、どこでも、誰でも」ネットワークに簡単につながるユビキタス社会の実現に向けて携帯電話に代表される移動体通信は大きく発展してきました。皆さんも知ってのとおり、今や携帯電話一台で、テレビ、ラジオ、インターネット、GPS機能、お金の支払いなど様々なことが可能になってきています。これらはすべて電波によって決められた周波数を使用し通信が行われています。また、フィルタと呼ばれるデバイスを通すことで他の周波数との混信を防ぎ必要な電波だけを取り出し通信を行っています。ところが、様々な機能が携帯電話に付くにつれて、使用できる周波数はどんどん少なくなり、さらに、高速・大容量化にともない限りの周波数資源の逼迫が問題となっています。

そこで、我々はこれらの問題を解決するひとつの手段として、超伝導体をフィルタに用いる研究を行っています。超伝導体は一般的に低損失材料として知られる銅などと比較して2~3桁小さい低損失特性をもつことが知られています。それをフィルタに利用するとこれまで実現できなかったような急峻な特性が実現できるようになります。図1は従来のフィルタと超伝導フィルタの比較です。超伝導フィルタを用いることで従来のフィルタより効率よく周波数を利用できるようになり、これからの通信にはなくてはならないものとして期待されています。

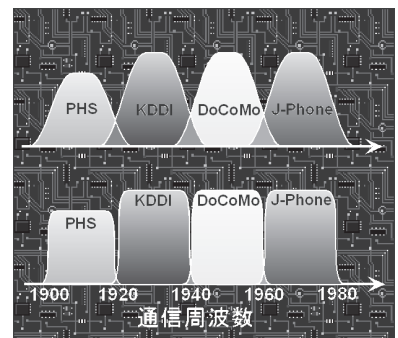


図1 超伝導フィルタと従来のフィルタの比較

超高速インターネットのための無線通信技術

山梨大学 工学部 電気電子システム工学科担当

助教 中村 一彦 電子メール: knakamura@es.yamanashi.ac.jp

ホームページ: <http://www.ics.es.yamanashi.ac.jp/~knakamura/>

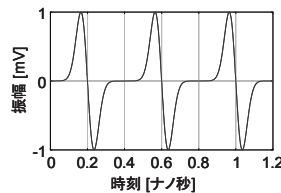
最近、インターネットでやり取りをする情報のサイズが飛躍的に拡大しています。例えば、高速インターネットを利用できれば、家庭でも DVD 品質の動画が見られるようになったことが挙げられます。これは、光ファイバ通信などのような有線の通信システムの通信速度が向上したおかげです。

一方、皆さんにとって身近な通信システムは何？と尋ねられたら、携帯電話や無線 LAN を挙げることができるでしょう。携帯電話の普及によって、時間や場所を選ばずに、メールや電話、インターネット上の情報を見られるようになりました。また、無線 LAN によって、家庭のどこでもケーブルなしでインターネットに接続できるようになりました。このように、これら無線通信システムは、扱いやすさという点でこれまでのインターネット普及に貢献してきたといえるでしょう。

ところが、無線通信システムについてはまだまだ課題が残されています。例えば通信速度については、非常に高速な無線通信が可能な UWB (Ultra Wide-Band) 方式などが盛んに検討されていますが、光ファイバ通信と比べて数百分の一とまだまだ遅いという問題があります。しかし、通信速度を上げようとすると、雑音・ひずみ・電波干渉などによって通信品質が劣化してしまうのです。

そこで我々は、無線技術のさらなる高速化・高品質化を目指した研究を行っています。本研究では、デジタル信号処理や光信号処理といった技術を利用して、将来の超高速インターネットのための無線通信技術およびデバイスの実現を目指しています。

超広帯域インパルス無線(UWB-IR)の送信信号



極短パルスを用いると

- パルス間隔を狭くできる
⇒ 高速な通信が可能
- パルス間の干渉が小さい
⇒ レーダ・測距の高分解能化

パルス幅200ピコ秒のUWB-IRパルス

