

学生が作る東大工学部広報誌

# Ttime!

特集号

2017

冬

『生活に潜む工学』



東京大学工学部

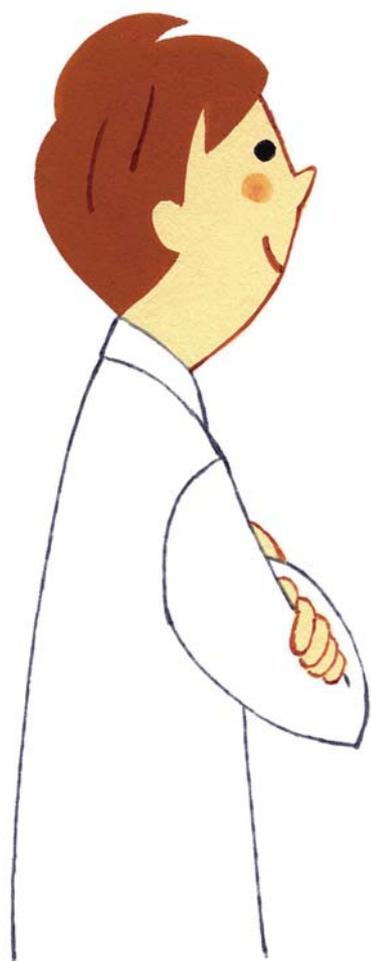
# 工学は科学と生活を 橋渡しする。

少年時代の好奇心のまま、工学の道を歩み始めた青年。

様々な科学を使って人々の生活を豊かにしようとする工学部で  
勉学や研究に励み見えてきた景色は、  
やはり生活にはたくさんの工学が潜んでいるというものでした。

自身の好奇心を育て上げてくれた母校から、  
今度は自分が科学と生活を工学で繋ぎ、  
次の世代の好奇心を魅了する番である。

青年はそう固く決意をし、人生の道を歩み始めたのでした。



# Contents



04 **河川の上流から下流までマネジメントする**

社会基盤学科 知花 武佳 准教授

05 生活に潜む社会基盤学 ~人と自然の相互関係-多摩川-~

06 **建築材料を正しく試験できる評価方法を**

建築学科 北垣 亮馬 講師



07 生活に潜む建築学 ~コンクリートのひび割れ補修~



08 **昆虫科学が拓く、新しい科学と技術の世界**

機械情報工学科 神崎 亮平 教授

09 生活に潜む機械情報工学 ~動画の仕組みと動物の眼~

10 **精密工学が実現する、ヒトとロボットの共存世界**

精密工学科 山下 淳 准教授



11 生活に潜む精密工学 ~ムカシとイマ、そしてミライのカメラ~

12 工学徒の研究生活を支えるパートナーI

14 **人の隠れた魅力を引き出す、魅力工学の可能性**

電子情報工学科 山崎 俊彦 准教授



15 生活に潜む電子情報工学 ~IoTセンサが“見”守る私の生活~

16 **「触覚」をデザインする**

計数工学科 牧野 泰才 准教授



17 生活に潜む計数工学 ~ディズニーランドと計数工学~

18 **輸送の未来を変える、強くて軽いマグネシウム合金**

マテリアル工学科 阿部 英司 教授



19 生活に潜むマテリアル工学 ~結晶構造~

20 **革新的な製品を実現する有機半導体**

応用化学科 岡本 敏宏 准教授



21 生活に潜む応用化学 ~ディスプレイの仕組み~

22 工学徒の研究生活を支えるパートナーII

## 企画編集・取材

東京大学大学院工学系研究科 工学部広報室学生アシスタント

藤長 郁夫(編集長) 水野 花春 栢森 太郎 山添 有紗  
 森 千夏(学生代表) 堀口 博 佐伯 高明 米澤 実保  
 櫛田 峻裕 中村 紘人 平田 真唯  
 堀川 裕史 山田 大介 松浦 祐樹

## 協力

東京大学大学院工学系研究科 工学部広報室

梅田 靖(室長) 川瀬 珠江  
 田畑 仁(副室長) 宮川 弥生  
 矢谷 浩司 北原 美鈴  
 大竹 豊 西 克代

## 印刷・制作

株式会社アネスタ



河川／  
流域環境  
研究室

知花 武佳 准教授

東京大学大学院  
工学系研究科  
社会基盤学専攻

Written by 栢森 太郎

## 河川の上流から下流までマネジメントする

### 人と自然の調和を目指して

私たちは河川工学を通して、人と川とのかわりを研究しています。河川は周辺に住む人々に恩恵と被害をもたらし、その土地に住む人々の人間性に大きな影響を与えてきました。人々は恩恵を最大化し、被害を最小化するためにダムを作ったり堤防を作ったりして、自然に手を加えながら生きてきました。しかし、こういった土木工事はその地点だけを考えていても不十分で、例えば下流に堤防を作っても上流の環境が変化してしまえば、流量が変化し安全基準を満たさなくなる恐れがあります。工事をする地点への影響を正確に理解するためには、降った雨が川に流れ込む地域、つまり流域の特徴まで考える必要があります。流域とは見方を変えると日本の国土そのものであるため、河川の環境を良くしようと考えることは、日本の自然環境全体を良くしようと考えることと同じなのです。話が大きくなりましたが、私たちの最終的な目標は、河川工学を通して人と自然が互いに良い関係を築けるよう導くことと言えます。



### 自然の衰退を止めるために

私たちは大きく分けて2つの研究をしています。1つは中山間地に住む人々の暮らしに関する研究です。中山間地とは平地以外の土地のことです。国土の7割を占めているにもかかわらず人口は2割も住んでいないため、高齢化と過疎化の問題が深刻になっています。この問題に興味を持ったきっかけは、2014年に半年の研修期間を利用して全国の一級河川109本のうち、70本を巡ったことでした。自然豊かな地方の河川を見ることで都心の河川を改良する糸口にしようという狙いがありましたが、人口の一極集中に伴う地方の過疎化により、いったん手を加えられながらも放置され人との関わりを持たなくなった自然は、元の自然に戻ることはなくただの荒地と化しており、むしろ関わる人々の多い都心の河川の方が水辺などもきれいに整備されていました。

中山間地の衰退、消滅を食い止めるにはそこに住む人々の暮らしを考える必要がありますが、その全てを食い止めるのは難しいのが現状で

す。そこで、各中山間地の農林業の営みやすさを評価し、改善する見込みのある地域から注力する方法が考えられます。この研究は学生の意欲も高く、様々な案を出し合っている途中の段階です。具体的な改善策としては、国や自治体に働きかけ、農林業を推進したり、自然

再生を進めたり、あるいは教育に活用したりと、地質に応じた対策を講じることが考えられます。

もう1つは川の中の地形や水の流れを調べる研究です。川の流れによって土砂がたまる所と削れる所が存在し河原が形成されます。そこで、魚が住み着くにはどのような条件が必要か、どのように手を加えれば元の生態系を維持できるか調べています。こういった調査は地図上やデジタルでは捉え切れないものが多いので、現地へ出向き取ってアナログな測定を行うことで周囲の環境をデータと絡めて把握することが重要だと考えています。

### 地質は語る

流域の地質や河川内の土砂のデータから、人がどのような農林業を行ってきたか、と同時に、どのような生態系を有する河川が流れていたのかがわかります。これを用いて、農林業を推進できそうな地質の地域においては、どのような対策を取れば河川環境への負の影響を軽減できるのか、そういった場所で安全に子どもたちが遊ぶにはどのような河川改修の工夫をすれば良いのかを研究しています。この研究を進めることができれば、上流域でも人と川との関係を持たせ続けることができ、人と自然の関わりが程良い環境を創出することで、下流域の人々にとっても魅力のある川となると考えています。これは私たちが目指す人の暮らしと自然がうまく調和した状態と言え、このような川と人との良い相互作用が多くの河川で根付いてほしいです。

# ～人と自然の相互関係-多摩川-～



川に対して人間が干渉する三大要素として治水、利水、環境保全があります。今回は古くから多くの人に関わってきた多摩川を例に挙げ、人と川との関わり合いを見ていきましょう。

**治水:**1974年の台風の際、多摩川で狛江水害が起きましたが、その原因は川崎に水を引き込むための宿河原堰(せき)(東京都と神奈川県の間境に存在する)でした。この堰は固定堰で流量を調節できなかったため水位が上昇し続けました。自衛隊が堰を爆破しようとしたがなかなかうまくいかず、土でできた堤防が決壊し家が流されてしまいました。この責任を巡って裁判所は建設省の責任を認め、損害賠償を命じました。現在の宿河原堰は、洪水時に堰を倒せるようになっています。

**利水:**江戸時代頃から人口が増加し、ため池や神田上水だけでは水の供給がだんだんと追い付かなくなったため、玉川兄弟が資材

をなげうち玉川上水を造り、水不足を解消しました。しかし明治12年にコレラが流行した際、多摩川の上流に位置する青梅でコレラの汚物を川で洗ったというデマが広がり大パニックに陥りました。上流の重要性を痛感した政府はより上流の三多摩地区を東京都に強引に編入し(もとは神奈川県)、さらに小河内にダムを造り安定した水供給を行おうと計画を立てたのですが、東京より下流に位置する神奈川県がこれに反対しました。これ以上水を上流でとられては自分たちの生活が危ういと感じたためです。この交渉は泥沼化し、最終的には相模川を開発できる技術がアメリカから持ち込まれたため神奈川県が譲歩する形で決着しましたが、第二次世界大戦による中断も挟んで交渉から完成まで20年以上かかってしまいました。

**環境:**昭和40～50年代には家庭排水のせきにより川の水面は泡で覆われ、ひどい悪臭が発生していました。下水処理場の建

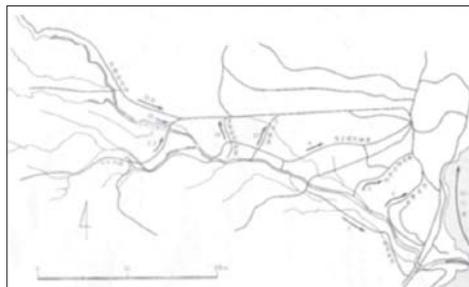
設により水質はかなり改善されましたが、カフェインやイブプロフェン(頭痛薬などに含まれている)を分解することはできないので川の水の成分を調べるとこうした化学物質がごく微量含まれることがわかります。

また、多摩川は水だけでなく土砂も大量に採掘されました。多摩川の土砂は良質なコンクリートの原料として重宝されていたためです。採掘された砂利を運ぶために多数の鉄道(砂利鉄道)が敷かれました。これらの鉄道のほとんどは現在でも名前を変えて我々の通勤、通学を支えています。

このように川を巡る争いや問題は流域の一部の利益のみを考えたり、自然のことを考慮しなかったため起きたものが多いです。私たちはこれからは全体的な影響を考えた開発を行うべきではないでしょうか。

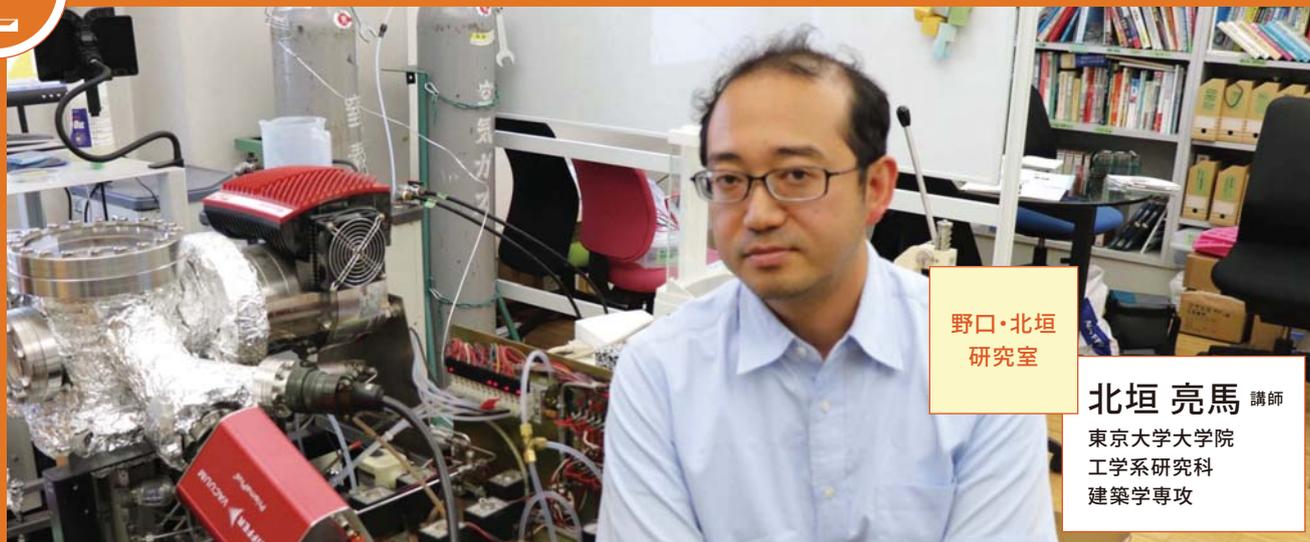


昭和52年頃の多摩川田園調布堰  
(出典:図で見る環境白書<http://www.env.go.jp/policy/hakusyo/zu/eav10/eav100000000000.html>)



多摩川流域の砂利鉄道

- ・明治25年(1892) 甲武鉄道会社(のちのJR中央線)が鉄橋下流に1,600mの鉄道を敷設
- ・明治40年(1907) 玉川電気鉄道(のちに東京急行電鉄に合併)が道玄坂-二子玉川間で開通
- ・明治43年(1910) 東京砂利鉄道(のちの国鉄下河原線、1973年廃線)が国分寺-下河原間で開通
- ・大正2年(1913) 京王電気軌道(のちの京王帝都鉄道)が世塚-調布間で開通。大正5年(1916)新宿三丁目-府中間で開通
- ・大正6年(1917) 多摩鉄道(のちの西武多摩川線)が中央線の武蔵境から多磨(現多磨霊園)まで開通。大正11年(1922)是政まで開通
- ・大正9年(1920) 多摩川砂利鉄道(のちの南武線)が設立。昭和2年(1927)に川崎-大丸間で開通



Written by 山添 有紗

## 建築材料を正しく試験できる評価方法を

### 建築材料の表面を研究

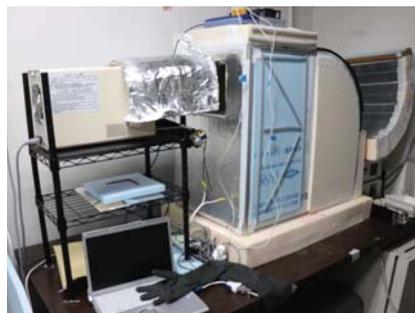
家や学校など、私たちの生活はたくさんの建築物によって支えられています。それらは外で雨や紫外線にさらされており、主にその表面から劣化していきます。建築物の材料としては、木材やコンクリート、高分子材料など様々なものが使用されています。これまでの研究では、学問上の都合で、それらの材料を「有機物」と「無機物」に分類し、有機物の専門家が有機物を、無機物の専門家が無機物をと、別々に研究するという形がとられてきました。しかし、今後の社会的な需要を考えた時に有機物と無機物というように材料の種類によって分けるよりも、材料の「表面」という点に注目した方がより有用な知見が得られるのではないかと考え、北垣研究室では有機物や無機物などを問わず、材料表面という観点から研究を行っています。

### 正確な測定を行うために

コストなどのことを考えると、建物の性能が長期的に保証されていた方が安心ですね。長期的な性能を保証するためには、材料が温度や紫外線、水分によってどの程度劣化していくのかを正確に調べる必要があります。そこで、どのような装置を使い、どのように測定すれば、材料表面の劣化について正確な測定ができるのかについて研究しています。

これまでの研究成果のひとつが、高分子材料の紫外線劣化装置です。紫外線劣化には温湿度依存性という性質があり、温度や湿度によって、劣化の原因となる反応の起こりやすさは変化します。紫外線の温湿度依存性を調べ

るためには、温度によって反応速度がどう変化するのかと、湿度によって反応がどう変化するのかを別々に測定することが必要になります。一定の温度を維持したまま、湿度を変化させたり、逆に一定の湿度を維持したまま、温度を変化させたりして紫外線を照射し、劣化度を調べなければなりません。しかし、紫外線を照射する際には装置が非常に熱くなってしまうため、材料表面での温度や湿度を制御するのが難しいという問題がありました。そのため、これまでは温度や湿度を厳密に制御せずに、材料に紫外線を何百時間も照射して、引っ張って壊れなければ合格というような試験方法でした。そしてこの時の劣化具合が、例えば外に材料を10年放置した時と同じであれば、この材料は10年程度もちますと大まかに保証されてきました。しかし、このような試験では、実際の状況が再現されているわけではないので長期的な性能を確実に保証することはできません。そこで、私たちの研究室では紫外線劣化装置を作り、温湿度依存性に関する正確なデータを得るため、温度・湿度の制御が可能な紫外線劣化装置を開発しました。



紫外線劣化装置

余談ですが、装置を作るようになったきっかけは工学部の大型実験装置の廃棄処分です。様々な学科から様々な装置が出てくるので、自分たちのところで使えそうな装置を拾ってきます。紫外線劣化装置も、拾ってきた装置を色々といじるうちに、自分で温度を制御できるのではないかと思い、作製に至りました。

### 基礎研究の重要性

通常、建築材料はJISなどの基準があり、それに則って試験などが行われます。しかし、重要ではない部位には、試験規格が設けられていない場合があり、研究者の経験に基づいて判断されてしまうこともあります。きちんとした試験規格がなければ、そこに悪意が入り込む余地が出てしまいます。それを防ぐためには、試験規格を作ったり改良したりする必要があるわけですが、それは誰かがいきなり言ったところで変えられるものではありません。学術論文として提出して、多くの人に認められて、ようやく試験規格を変えることができます。そういった基礎研究も工学においては非常に重要なのです。応用研究ももちろん大事です。しかし、大まかな認識に基づく試験規格しかない場合、精緻な努力をして生み出された製品と、そうでない製品の間の性能差を評価することが難しくなります。その結果、良い製品を生み出すための競争が生まれなくなり、工学を活かす産業の場が失われることにつながります。工学系の基礎研究には、求められる製品の性能に対して「もっとこうあるべきなのではないか」という疑問を投じることで産業を活性化させる役割がある、そう考え、基礎研究を大切にしています。

## ～コンクリートのひび割れ補修～



### 現在の補修方法

コンクリートはビルや道路、橋など至るところで使用されています。非常に身近な建築材料であるコンクリートですが、コンクリートは年数が経過するとひびが入ってしまうことがしばしばあります。例えば、乾燥する際に収縮したり、温度差ができることによってひび割れが起こります。コンクリートの壁や柱にひび割れが起こっているのを皆さんも一度は見たことがあるのではないのでしょうか。このひび割れを放置しておく、そこから水や炭酸ガスが侵入することになり、漏水や鉄筋の腐食といった構造物への致命的なダメージを引き起こす可能性があります。構造物を長く維持するためには、ひび割れの補修工事が必要になります。ひび割れの補修工事では主に、補修材をひび割れに注入したり、表面に塗布したりします。現

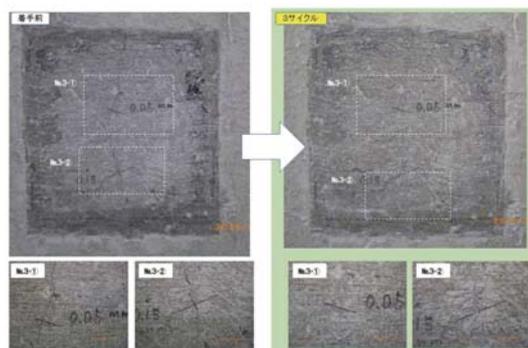
在使用されている補修材には、高分子系のものと無機系のものがあります。高分子系のもものは、簡便な工法で補修できます。しかし、高分子は紫外線により劣化してしまうため、頻繁に塗り直す必要があります。それに対し、無機系のもものは一度補修すれば、経年劣化が生じにくいのですが、コストがかかりやすいという問題点があります。

### 簡単で安価なひび割れ補修

無機系の補修材で、安価に済むものはないか。そう考え、開発されたのが、コンクリートの中性化という反応を利用した補修方法です。中性化とは、コンクリートに多く含まれている水酸化カルシウムが二酸化炭素と反応し、炭酸カルシウムになる反応です。炭酸カルシウムは水酸化カルシウムに比べ、体積が大きいた

め、二酸化炭素と反応するとコンクリートは膨張します。この体積膨張を利用すれば、コンクリートのひび割れを埋めることができます。補修方法はいたってシンプルで、炭酸水をコンクリートのひび割れにかけるだけです。ただし、かけすぎてしまうと逆に壊れてしまいます。そこで、まず水酸化カルシウムの特異な溶液をかけてから、炭酸水をかけるという方法が開発されました。この方法を使えば、簡単にそして安価にひび割れを補修することができ、また紫外線などによる劣化もしないため、高分子系の補修材のように頻繁に塗り直す必要もありません。

3年ほど前から、実際の高速道路の橋脚などで試験施工中ですが、小さなひび割れであれば、ほとんど目立たなくできることが確認されており、次世代の補修方法として期待されています。



炭酸水を用いて補修されたコンクリート



神崎・高橋  
研究室

神崎 亮平 教授

東京大学  
先端科学技術研究センター 所長  
大学院 情報理工学系研究科  
知能機械情報学専攻  
(工学部機械情報工学科 兼任)

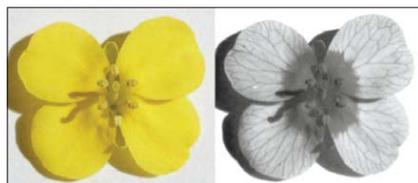
Written by 山田 大介

## 昆虫科学が拓く、新しい科学と技術の世界

### 昆虫の知能をモノづくりに活かす

皆さんは昆虫が地球上に何種類いるかご存知でしょうか。実に95万種、全動物種の約75%が昆虫です。昆虫たちは、刻々と変化する自然環境に適応し、進化してきました。例えば、菜の花は我々が見ると黄色に見えますよね。ですが虫の眼から見ると、中心の蜜のある部分が黒く見えます。虫の眼は紫外線を捉えることができるのですが、蜜は紫外線を吸収するため黒くなり、これにより虫は見ただけで蜜があるかどうかわかってしまうのです。こうした昆虫が進化で獲得した環境に適応する能力(知能)をモノづくりに応用できれば新しい世界が拓けると考えたのが、この研究の発端です。

今我々が目指しているのは、昆虫の匂い検出能力を再現した高感度匂いセンサを作ることです。我々の世界は、様々な匂いに溢れています。しかし現在の科学技術では、匂いを昆虫レベルの性能で検出するセンサは作れていません。そこで、昆虫が進化の過程で獲得した匂い検出・探索能力に注目し、このセンサとその処理系を再現してロボットに実装することを考えました。



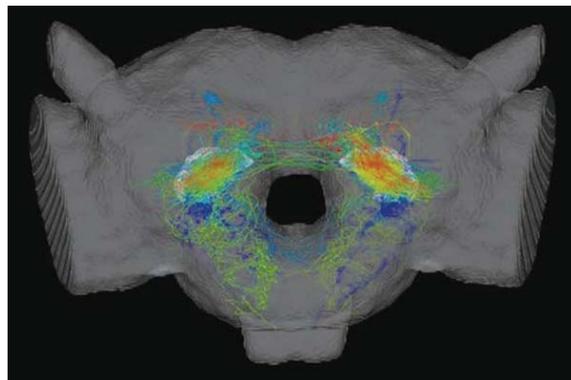
菜の花(左)と、紫外線フィルタを通した菜の花(右)

### 匂い探索の達人、カイコガ

現在研究対象としているのはカイコガです。カイコガのオスは普段全く動かないのですが、

メスの発しているフェロモンの匂いだけに敏感に反応して、匂い源探索のために動き出します。そもそも虫は、触角に特定の匂いを検知するセンサを持っています。カイコガであれば、触角にある匂いセンサの嗅覚受容体というタンパク質がメスのフェロモンを受け取ると、電気信号が発生して脳に伝わり、行動が発現します。これを応用し、カイコガの遺伝子を操作して触角の匂いセンサを変えることで、特定の匂いに反応する、警察犬ならぬ「警察昆虫」を作ること考えました。警察犬は、災害時の人命救助や空港での麻薬取り締まりなどで広く活躍していますよね。しかし警察犬は育てるためには相当な訓練が必要で、一頭数千万するといわれているほど貴重なものです。しかし、もし麻薬の匂いに反応する警察昆虫が実現できれば、生まれながらにして麻薬を検知する能力を持っているので、特別な訓練も必要ありません。

我々は2014年に、メスのフェロモンとは別の匂いに反応するカイコガを作ること成功しました。さらに、カイコガの脳から出る匂い源探索の行動指令信号を元に動くロボットを作製したところ、匂い源探索に成功したことから、その行動指令信号を作る神経回路の再現を行いました。現在は、神経回路をニューロン一つひとつから再現し、そのシミュレーションをスーパーコンピュータ「京」で行っています。簡略化した神経回路モデルをロボットに実装し動かしたところ、見事に匂い源を探索しました。今後はさらに詳細な神経回路を明らかにし、その神経回路モデ



カイコガの脳神経回路モデル

ルをロボットに実装したいと考えています。2020年を目途に、匂いセンサ(触角)と昆虫の匂い源探索の神経回路を実装した小型ドローンに、様々な匂いが入り混じる環境下で、特定の匂いを探索させたいと考え、開発を進めています。

### 様々な分野の融合から生まれる、新しい価値

モノづくりは、設計ありきで作りこんでいくのが通例です。しかし我々の研究は、「匂いが来たらこちらへ行く」といった人が考えたようなアルゴリズムは一切使っていません。カイコガの匂い源探索における脳の仕組みを神経回路から明らかにし、それを再現してそのままロボットに実装したものであるという点で、従来の研究とは一線を画したユニークなものであると言えます。

「生物が進化により獲得してきた知能」という根源的な所から新しい価値を見出し、生物学や情報科学、そして工学といった、様々な分野からのアプローチを融合してモノづくりに活かすことで、科学と技術のイノベーションを起こしていく、これが私の思い描いている青写真です。

## ～動画の仕組みと動物の眼～



### 動画と「臨界融合頻度」

電球を点滅させて1秒間に点滅させる頻度を上げていくと、点滅しているのか連続的に光っているのかが区別できなくなります。この頻度のことを臨界融合頻度と呼んでいます。臨界融合頻度を利用している例として動画が挙げられます。テレビや映画などで見る一般的な動画は、1秒間に30コマ程度の静止画を連続的に流しています。人間の臨界融合頻度は、網膜の最も感度が良い所で1秒間に約60回、平均すると40回程度ですが、30コマでも自然に見えます。逆に少しかくかくに見える動画は、コマ数が少ないことが原因であることがわかりますね。

### 鳥には動画に見えていない…!?

この臨界融合頻度は、動物によって大きく異なります。人間の60回に対し、コイは18回と低いですが、ハトやチョウは150回、ミツバチはなんと

310回と、人間の5倍以上です。ミツバチは1秒間に250回羽ばたいているのですが、我々には1回1回の羽ばたきは全く見えませんよね。しかしミツバチの眼にはこれがしっかり見えているのです。

逆もまたしかりで、臨界融合頻度の高い動物には、我々の動きはスローモーションのように見えているかもしれませんし、我々の見ている動画は動画に見えていないかもしれません。例えば、オスがダンスを踊ってメスに求婚する鳥がいますよね。もしオスのダンスをホームビデオカメラで撮影し、その動画をメスに見せたら、どういう反応を示すでしょうか。鳥の眼は人より遥かに高い臨界融合頻度を持つので、

毎秒30コマ程度のホームビデオカメラで撮影した動画のダンスは静止画の連続に見えてははずです。メスにとって、動画で見るオスの求婚は、反応を示すどころか興味すら持てないものかもしれない、ということですね。

### 動物により異なる「環境世界」

このように、同じ場所においても、動物によって感じ方は全く違います。動物のスケールを取ってみると、サイズが小さくなるほど摩擦力が相対的に大きくなります。ハチやハエのような小さい動物にとっては、空気は粘性の大きいものを感じているはずですよ。こうした「大きさ」の違い、研究紹介の方で紹介した紫外線を捉えられる眼のような「感覚」の違いが動物によって存在しているのです。動物それぞれの「環境世界」には、我々の知らない世界が広がっています。この世界の違いを認識した上で、それを新たな科学技術として活用できれば、面白い未来が拓けるとは思いませんか。

#### 動物 臨界融合頻度

人間	60回
ネコ	60回
ハト	150回
コイ	18回
ミツバチ	310回
ハエ	260回
チョウ	150回



山下  
研究室

山下 淳 准教授

東京大学大学院  
工学系研究科  
精密工学専攻

Written by 藤長 郁夫

## 精密工学が実現する、ヒトとロボットの共存世界

### ロボット社会は来るのか

人工知能(以下AI)が騒がれて久しいこの時代、皆さんはロボットに対してどういうイメージを抱くでしょうか。一部の人は「AIを搭載したロボットはヒトの知能を凌駕し、その仕事を全て代替可能にする」と感じているかもしれません。ヒトの仕事がロボットに奪われどんどん“便利”になっていくことで、何万年もかけて築かれてきた私たちの生活は一変してしまうのでしょうか。

### ヒトとロボットをつなぐ精密工学

そもそも、AIは合理化を得意としていて、半経験的に物事を分解して最適化するというところに特化した存在です。ヒトが完全に合理的であるという前提のもとであれば、前述のような社会は実現されるかもしれませんが、残念ながらヒトの生活や文化は、必ずしも合理的ではありません。そんなヒトの社会において、合理性を追求したロボットが活躍するためには、最終的な判断を人間ができる形に変換しなければなりません。すごい技術を開発しても、ヒトに使われなければ意味がない。この信条のもとに、精密工学はヒトとロボットをつなぎ続けてきました。その中でも私たちの研究室では、画像処理や機械学習などの観点から、ヒトとロボットの相補的なコミュニケーションを支えるための技術開発を行っています。

### ヒトとロボット、互いを尊重し合う共生を

ロボットがする仕事は、ヒトができなかったことをできるようにすること、ヒトができることを代行することの2つに分けられます。まず前者で

すが、例えば、ドローンを使った「人による点検が困難な箇所」の画像を近接撮影する点検用ロボットシステム」があります。新興の技術を、精密工学できちんと制御することで地に足のついた技術に変貌させ、ヒトの役に立てることができます。



図1:高さ30m以上の橋を精密に制御されたドローンが点検していく様子。従来、高所作業車などを使って作業員が検査していた。

次に後者ですが、ヒトができることで簡単なことは、すでに皆さんがご存知の通りその多くがロボットによって代行されていますね。それでは難しいこと、とりわけ長年の経験が織りなせる技のようなものはどうでしょう。例えば、トンネルの劣化具合を調べる際に、従来は熟練の技師が実際に壁を叩いて音の反響具合からひび割れなどを探していたのですが、私たちの開発したロボットは機械学習を駆使してそれを代行できるようにしました。歳月がものをいう“熟練の技”のようなものは、機械学習やAIの得意とするところでありませう。



図2:上部のモジュールで打音検査をしながらトンネルを進むロボット。トンネル側面でのみ作業を行うため、交通規制を伴わない。

そして前述のように、ロボットがした仕事も最終的にヒトが判断を下せるようにしなければならぬため、「ヒトが使えるような形に情報を変換すること」が必要になってきます。例えば、ロボットに複数搭載したカメラ画像をリアルタイムで補正表示することで、俯瞰的に、つまりロボットを上空から見下ろすような視点からの画像(疑似俯瞰画像)を取得する技術を開発しました。これにより、複雑な地形でも容易で安全な操縦ができるようになりました。

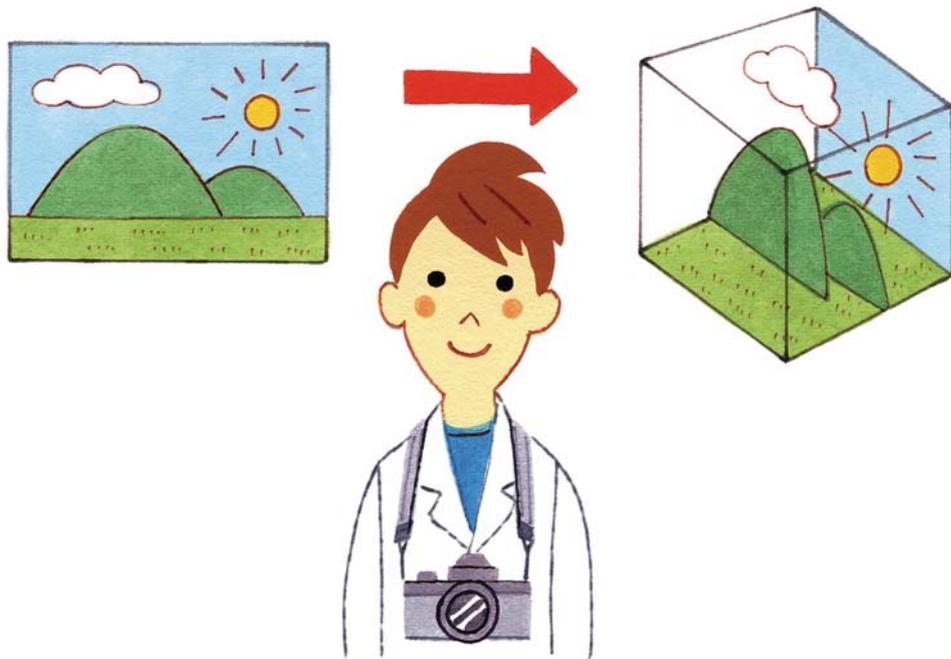


図3:ショベルカー自体に複数搭載されたカメラの画像から再現された疑似俯瞰画像。複雑な地形を俯瞰することで、操作を容易にできる。

このようにして、ヒトとロボットのコミュニケーションを、互いを尊重させながら、様々な面から支えようとしているのが精密工学です。生活と科学を橋渡しするのが工学だとするならば、精密工学はそのど真ん中なのかもしれません。

※これらの研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人:国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構)、及び総合科学技術・イノベーション会議が主導する革新的研究開発推進プログラム(ImpACT)によって実施されました。

# ～ムカシとイマ、そしてミライのカメラ～



## ムカシとイマのカメラ

カメラは元々、ある“一瞬”を映し出すものとして生まれました。そして、ムカシのカメラは撮影したら最後、その“一瞬”はフィルムに記録され変化することはありませんでした。当時は、レンズから入った光が像を結び、これをフィルムが化学反応により記録するという、光学的な撮像法をとっていました。

デジタル革命が起き、その“一瞬”は、デジタルへの変換と画像補正・圧縮などを行う「画像処理技術」により、ほとんど思い通りに姿を変えることが可能となりました。これが光学と情報学の出会いです。言わば、イマのカメラは撮影を行なった後、その“一瞬”に私たちの思いを乗せることができるようになったのです。しかし情報学の介入を受けたカメラも、光学的な撮像部分とデジタルな画像処理は分断された開発が行われており、前者のメカニズムはフィルム時代から大規模な革新が行われてきませんでした。デジタル化が起きてから、カメラの革新は画像処理技術の進歩に支えられてきたのです。つまり、「撮影」という行為そのものに変化は起きておらず、依然として撮影の段階ででき上がる写真はほぼ決まってしまう、撮影者の技術力に大きく依存するというカメラ自体の性質に変化はありませんでした。

## どうなるミライのカメラ!?

このような、情報学のみによるカメラの性能向上や機能の拡充における限界を取り払うために考えられたのが「コンピューテーショナルフォトグラフィ (CP)」です。これは、従来の開発では置き去りにされていた光学的な撮像部分を、よりデジタルに即した方法に変え、光学と情報学の合わせ技で撮像をしようとするものです。具体的には、光学系で情報にわざと歪みを残したり、また付与したりすることで、後の画像処理の段階でその歪みを活かして修復を行い、今までよりも思い通りの画像を得ようとするものです。さて、そのようなミライのカメラにおいて、私たちが記録できる“一瞬”は、どのように変化するのでしょうか。

## ミライのカメラが切り取る“一瞬”

CPのひとつにライトフィールドという概念があります。これは、従来の光学系が3次元情報を2次元の画像として取得していたのに対して、視点情報も含む4次元の画像として撮像することができるというものです。もちろん4次元画像を私たちはそのまま見ることはできないのですが、こうした撮像法を用いて後の画像処理で合成し直すことにより「思い通りの場所に、思い通りの深さで、焦点を合わせる」ことができるようになります。もはやミライのカメラが切り取る“一瞬”は、我々の知る“一瞬”ではなくなるのです。光学と情報学が真の意味で歩み寄ったカメラによって、「撮影」という行為すら、誰でも手軽に行えるようになる日も近いのかもしれない。



ライトフィールド撮影のイメージ。4次元データを取得しているため、撮像後にピントを変更することができる。



### 社会基盤学科

自宅から家の近くの川を自転車で漕いで  
川岸の様子を見て回っています。  
自動車よりも小回りが利くので、より近くで観察することができ、  
一日で10km移動することもあります。  
今後は自転車を電車で運んで、  
より遠くの川を自転車で見て回りたいです。



知花先生はいつもおもしろい話で  
皆を和ませてくれる僕の指導教官です(P4参照)。  
車を運転して現地観測に連れて行ってくださることも多く、  
諸々の理由から、研究室では「GOD」とうたわれています。  
研究から私生活のことまで相談に乗ってくださるので、  
本当に私の研究を支えてくださっています。

## 「工学徒の研究生生活を 人々の生活に潜む工学を作り出している工学徒たちは、いったい



### 建築学科

バスケットボールは生活リズムの中のひとつになっています。  
運動すると食事などにも気を遣うようになるので、  
生活が不規則になりにくいです。  
また、研究室以外の人と会う機会にもなるので、  
定期的にバスケットボールをしています。



ずっと研究室にこもっていても集中力を持続させることは難しいので、  
気分転換のためによく走っています。  
特に建築学科の実験では重いものを運んだり、  
コンクリートを練ったりしなければいけないことが多いので、  
基礎体力はとても重要です。



### 機械情報工学科

ノートPCを机にベタ置きすると目線の高さが合わず、  
姿勢が悪くなり肩が凝ってしまいます。  
長時間のPC作業を行う私にとって、  
画面の高さを無理なく変えられるPCスタンドは作業時の姿勢を改善してくれ、  
デスクワークの体への負担を軽減してくれるパートナーです。

写真の奥の方に水槽が見えるでしょうか？  
その中にいる白い生き物がウーパールーパーです。  
普段は水の底でじっとしていますが、  
たまに俊敏に動くところが可愛いです。  
研究で疲れた時には彼を見て、癒されています。

## 支えるパートナー「I

どんなパートナーと共に研究生生活を行っているのでしょうか



### 精密工学科

アクリル板を通して撮影した写真をもとに  
計測対象の3次元復元を行う研究をしています。  
アクリル板で生じる屈折による光路の変化を利用しているため、アクリル板は厚い方が良く、  
板というよりブロック(厚さ:400mm、重さ:約80kg)なのが現状です。  
ちなみに自分では持てません。  
薄くて持てるアクリル“板”で実験を成功させることが今の目標です。

ワンショットで360°全てを撮影する全天球カメラを使うと、  
1か所に集まる必要なくその場で臨場感のある集合写真が撮れます。  
そんな全天球カメラの視野の広さを活かして、  
ロボットの自己位置推定と周囲環境の  
3次元計測に関する研究を行っています。  
このカメラのように、私自身も広い視野を持って研究することを心がけています。

相澤・山崎  
研究室

山崎 俊彦 准教授

東京大学大学院  
情報理工学系研究科  
電子情報学専攻  
(工学部電子情報工学科 兼任)

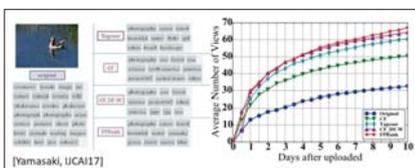
Written by 堀口博

## 人の隠れた魅力を引き出す、魅力工学の可能性

### いいね数を当ててみせる!?

皆さんご存知のように、現代ではSNSが重要になってきており、個人一人ひとりが意見や体験を投稿したり、企業が自社のサービス・製品をプロモーションする場となっています。閲覧数、いいね数、コメント数は投稿が社会に与えたインパクトを示す非常にわかりやすい指標として、個人や企業を含めた誰もが気にしていると言っても過言ではありません。では、その閲覧数を予測したり、果てには増やすこともできると思ったら、皆さんは驚くでしょうか？

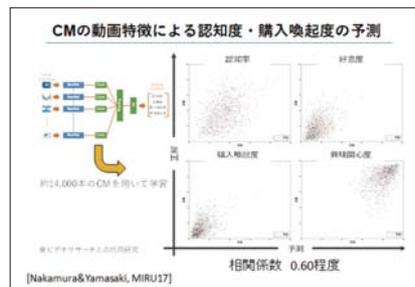
現在では、Web上にアップロードされる画像には、タグや撮影位置情報、いいね数といった様々な情報が付与されるのが当たり前の時代となりました。相澤・山崎研究室では、このようなマルチモーダルな情報を複合解析することで、人がこれまで潜在的にはわかっていなかった領域をより明確にすることに成功してきました。冒頭上げたのもその一例であり、これまで蓄積されてきたSNS上のデータを解析して成された研究のひとつです。具体的には、画像と画像が持つタグをデータサイエンスの観点から複合的に、機械学習やパターン認識などの手法を用いて解析しました。人気が高い画像についているタグは重要であり、またそれに共記しているタグも同じ程度に重要なタグであろうという仮定のもとで、それぞれのタグが持つ影響度を数値として算出しました。さらに、影響度がわかれば影響を与えそうなタグの予測までできるだろうと考えて実験をデザインし、



コンピュータがある画像に対してこのようなタグを付ければ人気が出るであろうと予測してくれる段階まで、現在ではすでに到達しています。

### 0から実験をデザインし、結果を出す

情報系の実験はただ単にコードを書いて、解析を走らせれば終わりと思う方もいるかもしれませんがそれは大きな誤解です。先に挙げた研究も、実験では紆余曲折を経ました。予備実験でその予測は実証されていたものの、最終的なデータを取得するまで3年かかっています。例えば、同時に同じ画像を複数アップロードし、タグだけ変更するといった実験では同一の画像がSNS内に複数存在することになってしまうのでユーザがどの1枚をクリックするのかわからなくなってしまいます。すなわち、アップロードし、数十日待ってから新しく別のタグを付けた同じ画像をアップロードしなくては実験の意味がありません。このように、ある予測とその実証に説得力を持たせるために、どのように実験デザインを構成すれば良いか、どうすれば予測が正しいことを論理的、データサイエンス的に裏付けられるか、これらの点がこの研究の上で最も腐心した部分でした。



### 画像だけでなく映像も

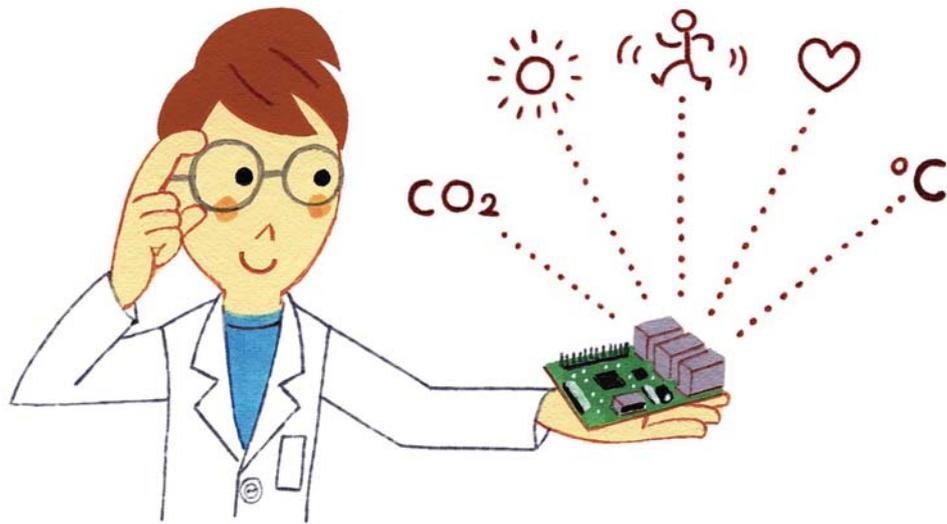
相澤・山崎研究室では、画像だけでなく映像

も対象に研究しています。例えば、プレゼンに対してオーディエンスに「刺さる」プレゼンとは？ 覚えてもらったり商品を買いたい気持ちになったりするテレビCMとはどんなものか？ といった内容を対象に研究しています。例えばテレビCMについては、現在ではGRP (Gross Rating Point) が基準とされ、これを用いてCMの価格評価が成されていますが、すでにGRPと視聴者が覚えているかどうかの相関はほとんどないことがわかっています。これを受けてどのような映像がより視聴者に刺さるのかを映像と過去のアンケートデータから解析し、映像の影響度を可視化する研究も行っています。この研究が進めば、将来的には映像に対してコンピュータが魅力度・影響度を数値として予測し、それをもとにクリエイターが映像をさらにブラッシュアップしたり、これまでプロのクリエイターの経験と勘でのみ行われていた魅力度・影響度の予測が、低コストで気軽にできるようになると考えられています。

### 魅力工学の行き着く先は

このように、相澤・山崎研究室ではこれまで人が「なんとなく」予測していた、どうすればコンテンツの魅力や影響力が上がるかといったある種の勘や匠の世界であった部分にメスを入れ、データサイエンス的に魅力を定量化、予測、可視化する挑戦をしています。そして、工学部での研究であるからには、魅力の判断に対して①魅力を予測するステップに留まらず、②原因や要素の解析、なぜそのような魅力や影響力となるのか、どこが良くてどこが悪いからといった原因の分析まで行い、③最終的にはより魅力を上げるためにどうすれば良いのかといった3ステップを見据え研究を行っています。

# ～IoTセンサが“見”守る私たちの生活～



従来の技術では不可能であったことが、コンピュータの小型化によって今では誰もが手作りのできる次代に突入しています。その一例として、Raspberry Piと呼ばれる超小型コンピュータを用いて作製できるIoT(モノのインターネット)センサがあります。

小型のLinuxマシンを搭載したRaspberry Piに温度や湿度、CO<sub>2</sub>センサ及びカメラを搭載することで、これまで日常生活で見えなかった部分を可視化することができるようになります。例えば、不動産会社と提携し実際の部屋にセンサを置くことで住み心地に関連する部屋の騒音や温度環境をデータとともに提示したり、保育園や介護施設にセンサを置くことで一人ひとりの動きや運動をデータとして蓄積し、個人々の一日の動きをデータとして蓄積したりすることが可能になっています。

IoTセンサを自作することは、電子情報工学科のエッセンスが詰まっているとも言えます。

Raspberry Pi自身はただのコンピュータであるため、センサとして動作させるためには手を加えなくてはなりません。この小型コンピュータの上に、秋葉原で買ってこれるような音センサ、CO<sub>2</sub>センサ、加速度センサを接続し、カメラとマイクもUSBで刺す。配線からももちろん全て自分で手作りです。センサを接続しデータを取るだけでは当然ダメで、それをネットワーク上に集約するためのネットワークの知識や、セキュアに通信を保つための通信技術を考えつつ、取った画像やデータをどう解釈し処理させるかまで踏み込まないといけません。プログラミングができるだけでなく、デバイス作製からデータ通信まで、電子情報工学科で学ぶ全てがこの手作りIoT

センサに詰まっていると言って良いでしょう。

それでは、このIoTセンサを用いて例えば何ができるでしょうか？ここでは相澤・山崎研究室で行われている研究の2つを紹介します。

1つ目は、不動産屋との協力による、住居データの提示があります。不動産屋と言うと、営業の方が部屋の説明をすることが一般的ですが、担当者の方も部屋に24時間住んでいるわけではありませんから、住居をデータとともに詳しく知る、例えば一日全体を通しての日照条件や湿度、騒音の変化を知りたい場合に、この自作センサが役に立ちます。実際の不動産会社と協力して部屋を借り、センサを設置することで、これまで住居で見えてこなかった部分を客観化できるようになり、購入者側も実際のデータを通してより詳細かつ事実に基づいた部屋の比較が可能になります。

2つめは、人の「見える」化です。

IoTセンサは現在、教育施設や介護施設からのニーズが高まりつつあります。保育園では、ある子どもを24時間見守り続けることは不可能であり、また保育士の方もたくさん子どもと日々接するので、気づかない部分、例えば病気やこころが変化する兆候を見過ぎてしまうことがあります。そんな時に、このIoTセンサが役に立ちます。実際の東大・CEDEPとの協力による研究では、IoTセンサを用いることで、どの子が、どれくらいの時間先生や生徒と遊んでいたかや、どの子とどの子がどれくらい活発だったか、ある子がこの部屋の中でどれくらいの運動量を持って動いていたのかといったことがデータとしてわかります。また温度、湿度センサを見てみると、子どもたちが活発に遊んでいる時のCO<sub>2</sub>濃度が、国

の法律で定められたしきい値を超えてしまっている時間帯があり、それを可視化することで客観的なデータとともに保育環境の改善につなげることができます。このように、幼児教育をより良いものにしていくことが可能になりつつあります。同じように老人介護施設でもセンサを設置することで、ある個人の毎日の歩き方や、運動に気づきを与えることが可能になります。例えばこの方は、最近歩き方が変化しつつあり、運動能力が低下している可能性があるといった気づきを得ることがセンサを通じて可能になります。

このように、一般の生活、家族や人を見守る場所にこのIoTセンサが生きてきます。これまで見えてこなかった部分に「客観」を与える。データを通して物件をよりフェアに見比べたり、個人を見守ることで従来は見逃していた些細な変化に気づいたりすることが、IoTセンサを通じて可能になりつつあります。



篠田・牧野  
研究室

牧野 泰才 准教授

東京大学大学院  
新領域創成科学研究科  
複雑理工学専攻  
(工学部計数工学科 兼任)  
JSTさきがけ



Written by 米澤 実保

## 「触覚」をデザインする

### システムを考える学問

計数工学科はシステム(計測)と数理から成り、私はシステム情報の所属です。システムは一般的に、情報の入り口であるセンシング、それを元に処理を行うプロセッシングや制御、そしてそれら結果の出口となるアクチュエーションやディスプレイという一連の流れで理解できます。このコースは、人、ロボット、コンピュータなど多くのシステムを対象に、この情報の流れに関連した研究を行っています。

VR(バーチャルリアリティ)についての研究も盛んで、これは人というシステムの情報の入り口としての感覚の部分を理解し、プロセス(認知)のレベルで実質的に等価となるような刺激を与えることで、まるで現実と同じように人に感じさせるという考え方です。

私の所属する篠田・牧野研究室ではVRの中でも触覚に着目した研究をしています。図1は「視触覚クローン」という立体映像に触れる装置です。写真の奥に映っているのは特殊なミラーによって立体的に見えている像です。すぐ隣にある別のブースの中のもののが3次元的にコピーされ映し出されます。この像に触れたことをセンサで検出し、超音波の放射圧という現象によって空気中の像に触感を与え、像に「さわ



図1: 触覚を作り出す装置(ハプトクローン)

ることができるようになります。例えば、この技術を使うと相手がそばにいらなくても「握手」をすることが可能になるのです。

### 人間の体に現れている 様々な情報をセンシングして活用

前述の装置を使えば遠距離の人と触れ合うことが可能になるのですが、衛星中継のように、遠距離になるほど視覚情報と触覚情報との間に差が生じる可能性があります。触覚は接触の瞬間に生じる感覚のため、タイミングがずれると違和感になります。そこでタイミング良く触感を提示するために、人間の体の動きに現れている様々な情報をセンシングしてその後起こることを予測するという研究に現在取り組んでいます。人は動作の際に様々な情報が体に現れてきます。例えばジャンプをする時にはジャンプの直前に足を踏み込む動作がみられます。これをキネクト(※1)で計測し処理すると、この後どの場所にどのくらいジャンプするかを予測できます。機械学習の活用により、その人の今の骨格情報から未来の動きを予測することができるようになります。この技術を応用することで、例えば人が転ぶ前に予測してけがを防止することや、サッカーなどのスポーツでのフェイントの分析などに活用することも考えられます。



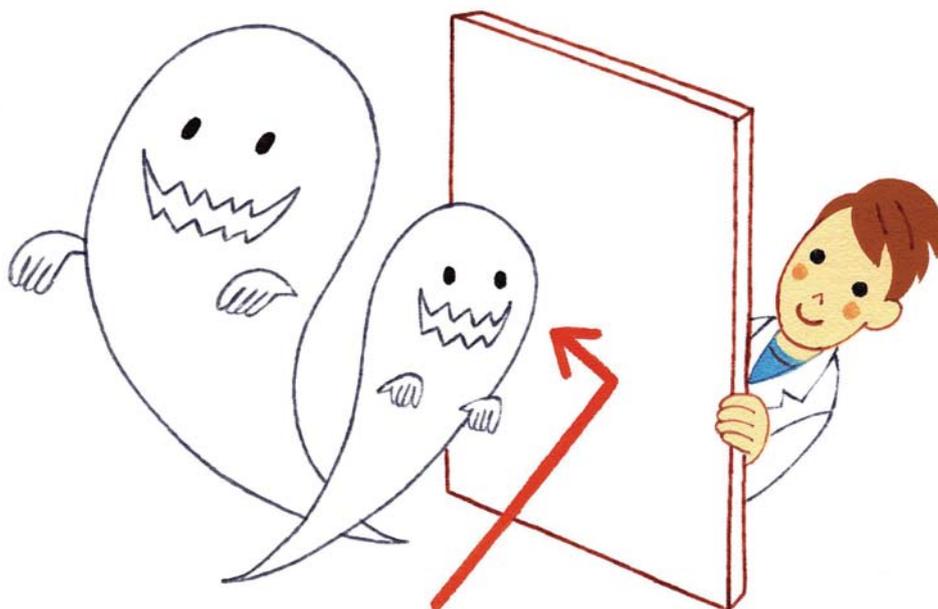
図2: ジャンプ直前の骨格情報からその後の動きを予測する装置  
※1 Microsoft社が販売する、カメラやセンサなどが搭載された機器のこと。

### 触覚のデザインで幸せな社会へ

触覚は五感の中でも特にエモーショナルな部分の大きい感覚です。工学部といえばモノを作る印象が強いかと思いますが、それだけではなく最終的にはエモーショナルな部分にも切り込んでいくのが目標です。ジャンプの予測といった人間の動きに関する研究は徐々に進展していますが、将来的にはより人間の内面にある感情の部分を、体に現れる情報から読み取っていきたいと思っています。このように観察から人の状態がわかるようになれば、そこに触覚を加えることで感情に働きかけ、人の状態を変えることができるのではないかと考えています。

具体例としておもしろそうなのは、例えば眠りの分野での活用です。赤ちゃんをトントン叩いて眠らせることや、電車の揺れで眠くなるといったように、眠りと触覚には関係があると考えています。この関係を理解し、外部から触覚を与えて眠りをうまくコントロールすることができれば、不眠症の解消につながるかもしれません。眠りが解決されれば感情面の問題も解決され、不眠症に伴ううつ等の解消にもなりそうです。研究を通して、触覚を人間の生活に役立てて、人々が幸せになる社会を作りたいと考えています。

## ～ディズニーランドと計数工学～



### ディズニーランドは 計数工学の宝庫

最近よく目にするVR(バーチャルリアリティ)技術ですがこれを身近に味わえる場所があります。それは言わずと知れたテーマパーク、ディズニーランド。ここは計数工学の視点から見ても技術の詰まった夢の場所です。ディズニーランドでどのようなVR技術が使われているのか、実際に見ていきましょう。

### 古典的VR技術 「ペッパーズゴースト」

例えば、「ホーンテッドマンション」(※1)で亡霊たちが現れたり消えたりしながら舞踏会で踊っているシーン。ここでは「ペッパーズゴースト

ト」というVR技術が使われています。ハーフミラーを使うことによって、亡霊が家具の並ぶ部屋に現れたり消えたりしながら踊っているように見えます。この仕組みのポイントはハーフミラーの活用法です。ハーフミラーの手前側に亡霊(実物)があり、奥側には家具(実物)が立ち並んでいます。ハーフミラーに向かって手前から亡霊(実物)をライトで照らすことにより、反射した亡霊の像がハーフミラーの奥側にいるように感じます。さらにライトをつけたり消したりすることによって亡霊が現れたり消えたりするというわけです。この仕組みは1860年代にイギリスで舞台演出のために生まれた古典的な技術です。実はハプトクロンの改良版でも、このハーフミラーの技術を利用して体験の質を向上させています。近年の技術だと思われがちですが、その歴史は意外に長いのです。

### 触覚を効果的に活用する

ペッパーズゴーストの例は視覚に関するVR技術でしたが、触覚の刺激を組み合わせることでより効果的にVRの世界へ引き込もうという手法もとられています。「マジックランプシアター」(※2)の最後に座席が動くシーンなどはその例です。動かないものだと思っている椅子がいきなり動くことに皆さん驚くのではないのでしょうか。

触覚というと、どうしても手のひらに刺激を与えるものと思われがちですが、必ずしもそうではありません。触覚は大きく分けて能動と受動の2つの使われ方をします。能動的に対象に触れに行く場合、ほとんどが手首から先の部分です。一方、体の他の部分は受動的に周りの変化を感じ取ることに使われます。能動的な触覚は、触りに行くという個人の意志が反映されてしまうため、同じ場所で大勢に触覚を使った技術を感じてもらうには、受動的な触覚の方がより効果的です。人が意識していない時に外から刺激を与えることで受動的な触覚を大いに活用できるのです。

この他にもディズニーランドにはたくさんのVR技術がちりばめられています。不思議な現象をなぜだろうと考えながらアトラクションを回るのもディズニーランドの楽しみ方の一つかもしれません。

※1:東京ディズニーランドのアトラクション  
※2:東京ディズニーシーのアトラクション

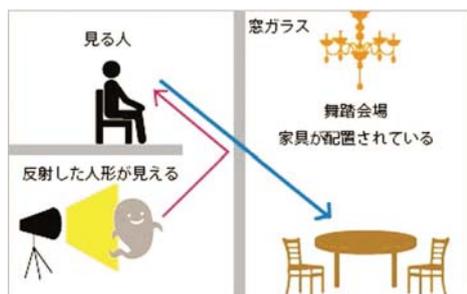
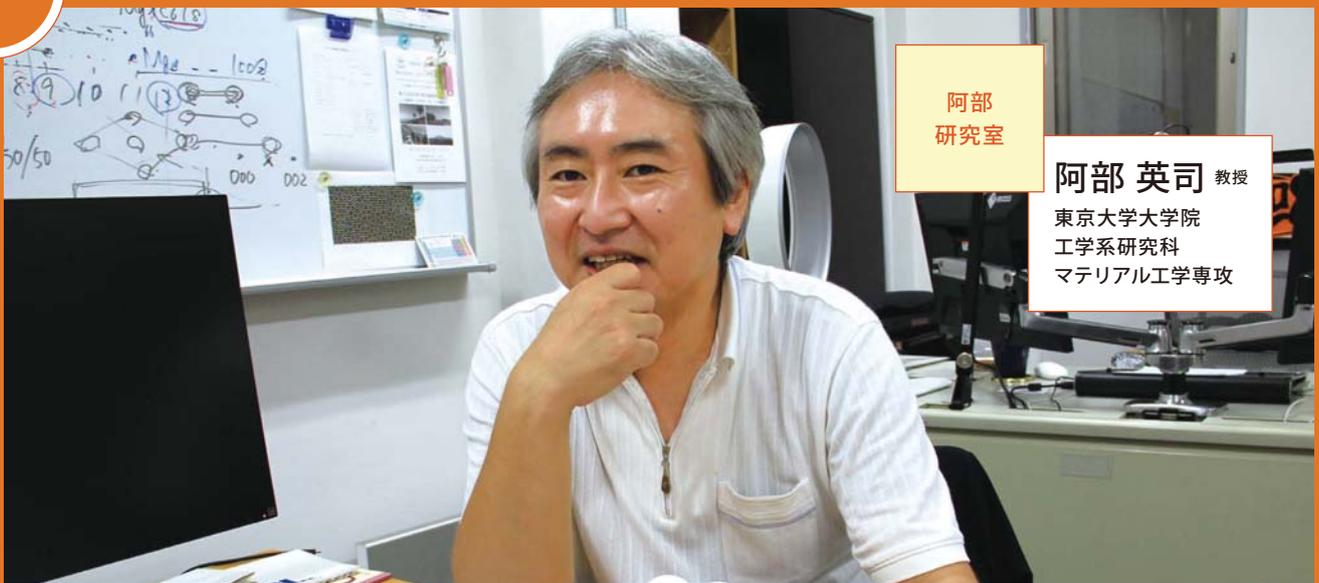


図:ペッパーズゴーストの仕組み  
(<http://bibbidi-bobbidi-boo.net/archives/387>を参考に作成)



阿部  
研究室

阿部 英司 教授  
 東京大学大学院  
 工学系研究科  
 マテリアル工学専攻

Written by 松浦 祐樹

## 輸送の未来を変える、強くて軽いマグネシウム合金

### 省エネルギー社会の実現に向けて

地球規模での人や物の移動がますます活発になっている現代社会において、輸送の際に消費されるエネルギーは増加の一途を辿っています。環境問題や資源・エネルギー問題を解決するためにも、飛行機や電車、車などの大型から中型の輸送体の軽量化は、省エネルギー社会の実現に大きく貢献すると考えられます。代表的な軽量合金の材料にはマグネシウムとアルミニウムの2つがありますが、現在飛行機の機体に使用されているのはアルミニウム合金のみです。マグネシウムの密度はアルミニウムの約3分の2ですから、仮にマグネシウム合金で飛行機の機体を作ることができれば、輸送に必要なエネルギーも3分の2になるように思われます。では、なぜマグネシウムは機体の材料として使われていないのでしょうか？その答えはマグネシ



図1: LPSO構造  
 白がマグネシウム原子、赤がイットリウム原子、  
 緑が亜鉛原子を表す。

ウムの性質にあります。マグネシウムは確かに軽い金属ですが、アルミニウムに比べて強度が低く、反応性が高いという欠点があるのです。

私の共同研究先である熊本大学の河村先生は、合金について様々な元素の組み合わせ・組成を試し、マグネシウム-亜鉛-イットリウムをある組成で混ぜて押し出すと非常に高強度が得られることを発見しました。しかし、この合金が強くなる理由についてはわかりませんでした。

そこで私は、走査型透過電子顕微鏡 (STEM) を用いた結晶構造解析によってその原因の解明を試みました。そして、3元素が非常に珍しい配置を取っていることを発見し、これを「長周期構造 (LPSO構造)」(図1) と名付けました。これだけでは高強度については説明しきれなかったのですが、さらに電子顕微鏡での観察を進めた結果、LPSO構造が折れ曲がった部分 (キック変形) が見つかりました。キック変形が入るとその部分が次の変形に対する妨げとなるため、このキック変形がマグネシウム合金の高い強度の原因ではないかと考えています。

### より軽く、身近な元素を用いて

LPSOマグネシウム合金の構成元素であるイットリウムは比較的軽く、さらにはレアメタルであるため、より軽く一般的な元素を用いて同じ強度を実現することができれば、このマグネシウム合金の用途はさらに広がることでしょう。イットリウムを置き換える (置換する) ことができる元素の探索は、従来は一つひとつ実際に試料を合成することで行われてきましたが、最近では計算機の性能が著しく向上したので、

試料を合成する前に計算機シミュレーションによって検討することが可能です。近い将来、より理想的な元素の組み合わせによる軽量LPSOマグネシウム合金の実現が期待できます。

### 乗客の命を守るのはやはり金属

飛行機や車などの輸送体には、二、三十年ほど前は金属材料のみが用いられていたものの、近年は複合材料を含む非金属材料の採用が世界的な流れとなりつつありました。しかし、乗客の安全性の確保という点においては、金属材料が非金属材料に勝ります。

ボーイング社の標語に「Return to Metal (金属に戻ろう)」というものがあります。ボーイング社は、以前は飛行機の機体にアルミニウム合金などの金属材料を用いていましたが、近年は繊維強化プラスチック (FRP) や炭素繊維強化炭素複合材料 (C/Cコンポジット) などの非金属材料の割合を増やしていました。確かにこれらの材料を用いれば非常に軽い機体ができるのですが、非金属材料は金属材料に比べるとやはり強度が足りません。材料には「靱性」という材質の粘り強さを表す指標がありますが、金属はその靱性が高くエネルギーを吸収することができるため、飛行機に限らず電車や車などにおいても万一の際に乗客の命を守ることが可能となるのです。

安全性を確保するには金属に戻るべきであり、そのためには金属を少しでも軽くする必要があります。そういう意味でも、私たちの見つけたマグネシウム合金の有用性は高いのではないかと思います。

## ～ 結 晶 構 造 ～



### 結晶構造って？

皆さんは金属の結晶構造についてご存知でしょうか？金属結合については高校の化学の授業で習った人も多いかと思いますが、金属結晶の中では金属結合によって原子が周期的に並んでおり、この配置構造のことを結晶構造と言います。

### アルミニウムとマグネシウムの結晶構造

アルミニウムとマグネシウムの結晶構造(図2)を見てみると、アルミニウムは面心立方構造(FCC)と呼ばれる立方体の形をしているのに対して、マグネシウムは六方最密充填構造(HCP)と呼ばれる六角柱の形をしています。結

晶構造についての詳しい話は材料結晶学の教科書を見ていただくとして、難しく考えずに単に「立方体と六角柱ではどちらが対称性が高いか？」と聞かれたら、やはり立方体ですよね？結晶構造の原子位置や電子分布などは時間及び空間に関する平均値ですので、結晶の対称性を崩さない範囲での自由度を表していると解釈することもできます。つまり、結晶構造の対称性が高いほど、変形する際に吸収できるエネルギーが大きくなります。したがって、六角柱のマグネシウムは立方体のアルミニウムほど変形に耐えることができず、強度が低くなるのです。マグネシウムは周期表においてアルミニウムの隣にあって似た性質を持つのに、なぜマグネシウムはアルミニウムと同じ結晶構造を取らないのか？この答えは未だにわかりません。

### マグネシウムの結晶格子が変われば世界が変わる

アルミニウムで作られているものは、左ページで紹介した飛行機の他にも電車や車、身近なところではノートパソコンなどと、今の世の中には数えきれないほど存在します。もしもあなたが、マグネシウムにアルミニウムと同じ結晶構造を取らせることができれば、アルミニウムをマグネシウムで代替することが可能となり、それら全ての製品の軽量化を図ることができます。飛行機や電車、車などの大型から中型の輸送体の軽量化は省エネルギー化に直結しますので、そうなればあなたは人類の未来を変えることになるでしょう！

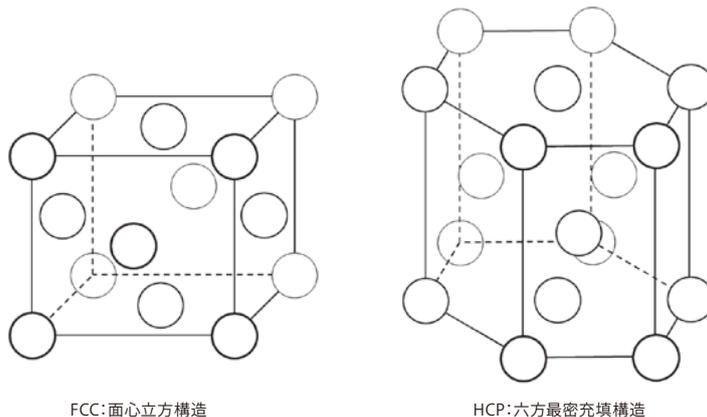
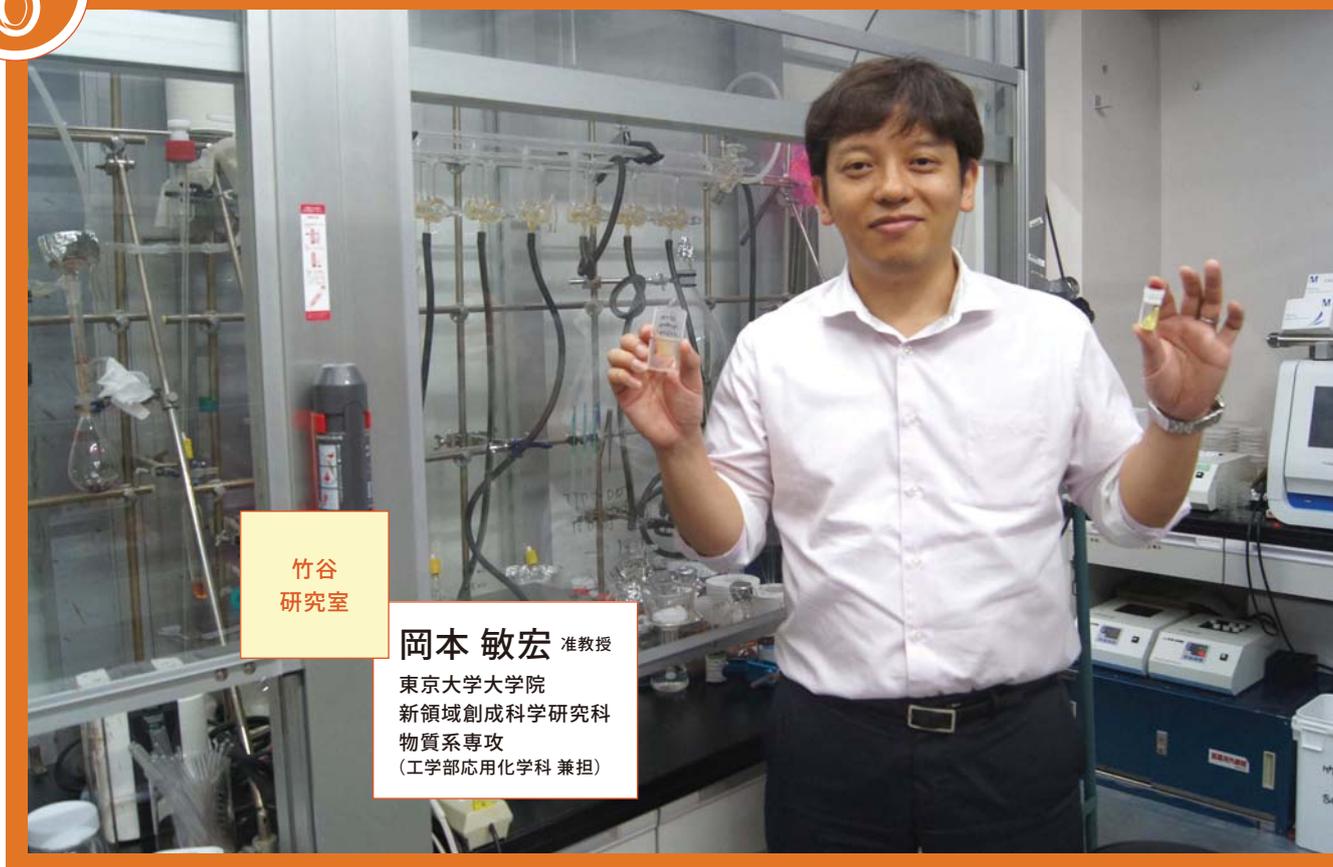


図2:アルミニウムとマグネシウムの結晶構造

竹谷  
研究室

**岡本 敏宏** 准教授  
 東京大学大学院  
 新領域創成科学研究科  
 物質系専攻  
 (工学部応用化学科 兼任)

Written by 中村 紘人

## 革新的な製品を実現する有機半導体

### 有機材料の強みを活かす

今や半導体は電子機器には欠かせない存在ですが、現在半導体に使われている材料は無機材料が主流です。しかし、無機材料は基本的に固くて重く、また生産に手間やコストがかかることが難点です。スマートフォンも軽く薄くなってきているとはいえ、まだまだ重い上に折り曲げたりはできませんよね。一方、有機材料は無機材料に比べると半導体性能がまだ低いですが、薄くて軽く、かつ柔らかいものを安価な手法で作ることができる強みがあります。そこで私は、無機半導体の一部を置き換えられるような有機半導体の開発とそれを用いたデバイス開発の研究を行っています。

### 良い材料の開発を目指して

私の研究室では、有機半導体デバイスの設計やそれらに用いる有機半導体分子の合成、また作製したデバイスの特性評価と性能向上など、有機半導体に関して多角的に研究を行っています。

半導体デバイスを作る際に、無機半導体では色々な元素を組み合わせることを考えますが、有機半導体ではまず分子をデザインすることから始めます。その上で、分子がたくさん集まっ

てならんだ時にどのような機能を発揮するかを考えます。分子のならびをうまく制御することは、期待通りの性能を引き出すキーポイントとなります。さらに、経年劣化や生産コストを抑えるなどの様々な条件をクリアすることも実用化に向けた材料には必要不可欠です。

こうした良い材料の開発には化学だけでなく他の分野の力も必要です。材料の合成は主に化学的な知識を使いますが、例えば材料中での現象を把握するためには物理的な理解が必要になりますし、材料の設計や実用化における制約を考える際には材料科学や工学的知識も使います。世の中で役に立つ有機半導体材料の開発を目標とし、化学を中心に様々な分野の知見を活かしていくのはまさに応用化学の強みとするところです。私の研究室は竹谷純一教授と共同の研究室ですが、私が化学科出身であるのに対し竹谷先生は物理科のご出身なので、お互いに協力して有機半導体材料開発を行っています。

### 生活がもっと便利で豊かに！

有機半導体は無機半導体に比べて移動度(\*電子や正孔といったキャリアの、半導体中での移動のしやすさを表す値)が遙かに小さいため、例えばスイッチング速度のような半導体素子性

能の点で、無機材料を超えられません。しかし、柔らかさや生産の手軽さなどの強みを活かし、生活を豊かにできる例は多くあると考えています。例えば、スマートフォンのディスプレイには液晶に代わり、有機ELが用いられ始めていますが、これらを駆動する回路の部分には今でも無機半導体が主に用いられています。仮に駆動回路まで含めて完全に有機半導体で作ることができれば、薄くて柔らかい、つまり丸めたり折りたたんだりできるディスプレイが実現できます。また、温度管理機能付きの商品タグという形ですでに試作もされ始めています。実は有機半導体デバイスは、半導体性能が低いおかげで、電力消費が少ないというメリットがあります。安く作られて薄くて省電力な有機半導体は、商品タグやセンサモジュールといった製品にぴったりです。

現在私は研究プロジェクトの一環で、温度差により発電できる熱電材料を有機半導体で作製する研究を行っています。革新的な有機熱電材料を開発し、有機半導体のみで発電から駆動まで一体的に行うことができるパッケージを作るのが私の夢です。体温で発電する健康管理センサやフィルム状のスマートフォンといった、まるでSFのような世界が有機半導体によって実現する日も、そう遠くないかもしれません。

# ～ディスプレイの仕組み～



## 毎日見かけるディスプレイ

スマートフォンやPCの画面、テレビや街中の大型ディスプレイ…、ほとんど毎日と言って良いほど、皆さんはディスプレイを目にしていると思います。どんどん高画質になっているディスプレイですが、動きのある映像を一体どのような仕組みで表示しているのか、皆さんはご存知でしょうか。基本的にデジタルディスプレイは、光の三原色である赤(R) 緑(G) 青(B)を細かくならべ、それぞれを点けたり消したりすることで色を制御し、映像を表示しています。それでは、どのように色の付いた光を点けたり消したりしているのでしょうか。今回は液晶ディスプレイと有機ELディスプレイを例にご紹介したいと思います。

## 液晶ディスプレイと有機ELディスプレイの仕組み

液晶ディスプレイは、分子の配向を電気で制御して光の通り方を変えています。バックライトから出た光は、まず偏光フィルターを通り、

振動方向が揃った偏光となります。まず、液晶に電圧をかけていない状態だと、液晶中の分子はねじれて配向しています。ねじれて配向した液晶分子により、偏光もねじれて進みます。液晶でねじれた偏光は、はじめの偏光フィルターと直交した偏光フィルターを通ることができ、RGBのカラーフィルターを通して色が付いた光となります。逆に液晶に電圧がかかっている状態だと、液晶分子がきれいに並び偏光がねじれずに偏光フィルターを通過することができなくなります。このように、液晶は分子にかかる電圧を制御することで光の通り具合を制御しています。

一方有機ELディスプレイは、電気を流すと分子自体が発光します。まず、トランジスタを通して、発光させたい有機ELに電子と正孔を注入します。注入された電子と正孔は発光材料の中で結合し、結合によるエネルギーで発光材料が励起されます。すると励起状態の発光

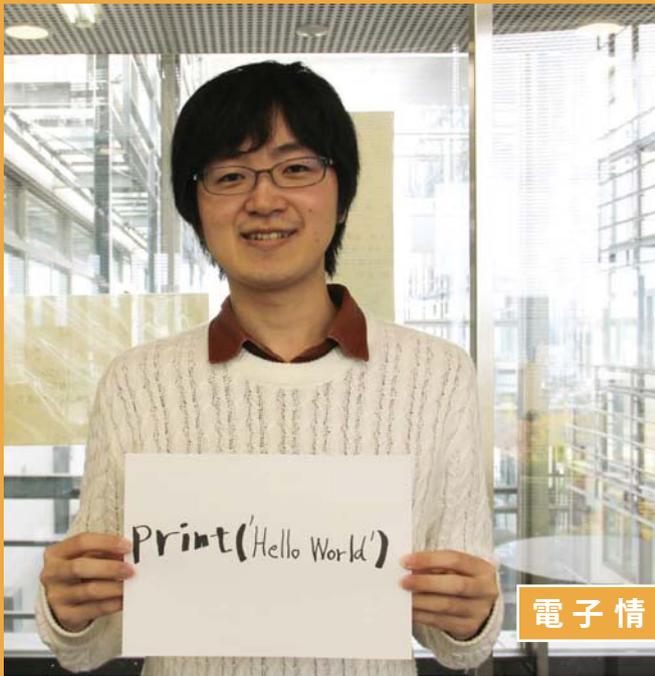
材料が基底状態に戻る際に発光します。カラーフィルターを用いることもありますが、RGBそれぞれの色を出す発光材料を細かくならべれば、それぞれにける電圧を制御するだけで映像を表示できます。

## テレビがもっと薄く!?

液晶ディスプレイはそれ自体が発光するわけではないのでバックライトが別途必要になります。有機ELはそれ自体が発光するのでより薄いディスプレイを作ることができます。また、有機ELディスプレイは視野角が広く、白黒や色のメリハリがはっきり映るといった利点もあります。まだ価格は高いですが有機ELテレビも発売されており、気がついたら世の中では有機ELディスプレイが普通、なんてことに近い将来なるかもしれません。

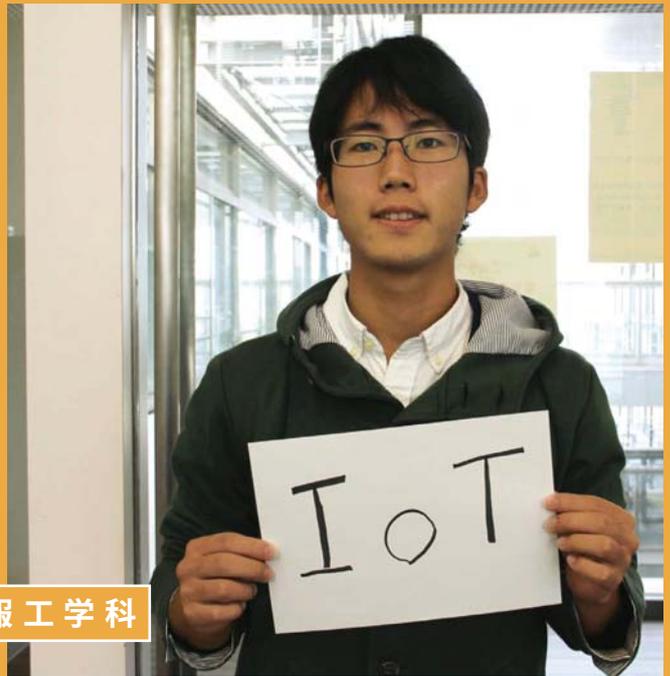


図：液晶と有機ELの構造(作成：岡本 敏宏先生)



### 電子情報工学科

print('Hello World')が書ければAI人材、  
という言葉が冗談交じりで話題になりましたが、  
その真偽はともかく様々なライブラリで深層学習は身近な手段になっています。  
研究室では日々学ぶことがたくさんありますが、  
そういった技術を活用してWorldに貢献できるよう  
精進していこうと思います。



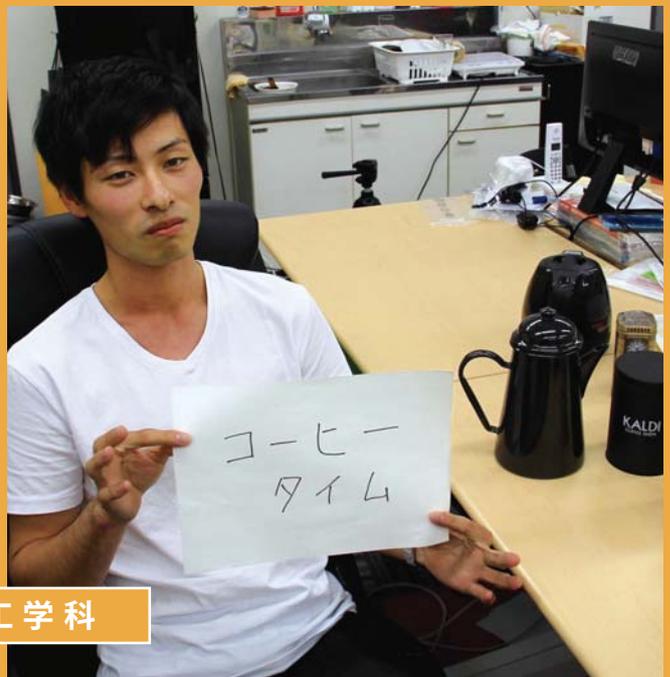
IoTデバイスを保育施設に導入して環境センシングや  
行動解析を行う研究をしています。  
簡単に取り外しが可能なカメラやセンサを用いて  
実際の保育施設で計測実験を行っています。  
これらIoTデバイスでの計測により今まで気づくことのなかったデータを得ることができ、  
最終的には年間数百件起きている事故の削減を目指しています。

## 「工学徒の研究生生活を 人々の生活に潜む工学を作り出している工学徒たちは、いったい



### 計数工学科

「HoloLens」は、Microsoftの開発した  
MR(Mixed Reality:複合現実)デバイスで、  
3D映像を現実世界に重ねて表示させることができるゴーグルです。  
研究では骨格を3Dで再現する際に用いられています。

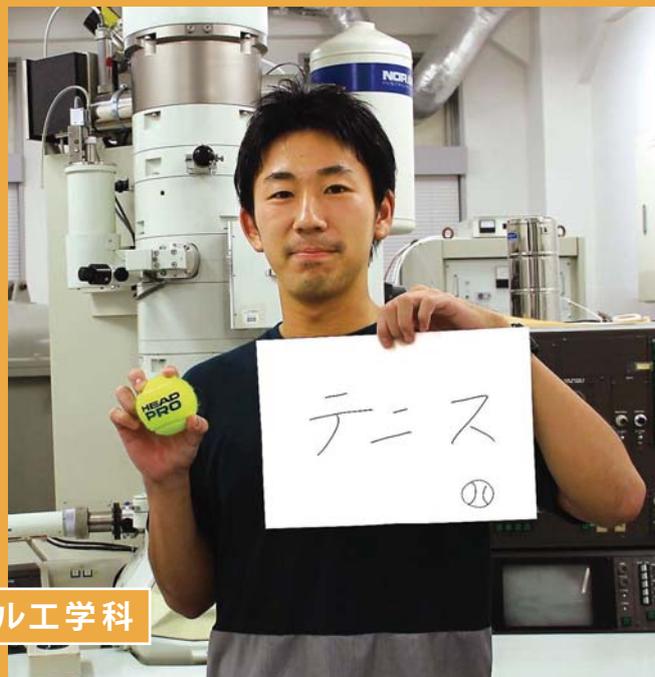


重要なのは蒸らしの長さ。  
研究の合間、30秒間という時間がもたらすものはただの休息ではありません。  
酸化する前に淹れたてをごくり。  
研究もコーヒーも、重要なのは鮮度です。



マテリアル工学科

マグネシウム合金の変形メカニズムについて調査しています。  
 研究を始める前はただのマイナーな金属に過ぎませんでしたが、  
 試料を作って機械で押しつぶしたりしているうちに、  
 いつの間にか愛着がわいていました。  
 特に好きなのは結晶構造が六方最密構造なところと、  
 紙やすりでも簡単に研磨できることです。



毎日座って作業していると健康に悪いので、  
 私にとってテニスは健康維持とリフレッシュに欠かせない存在です。  
 外で運動すると気分も晴れるので、研究のやる気も回復します。  
 ただ、やりすぎると疲れてしまうので邪魔物になってしまいますね(笑)。

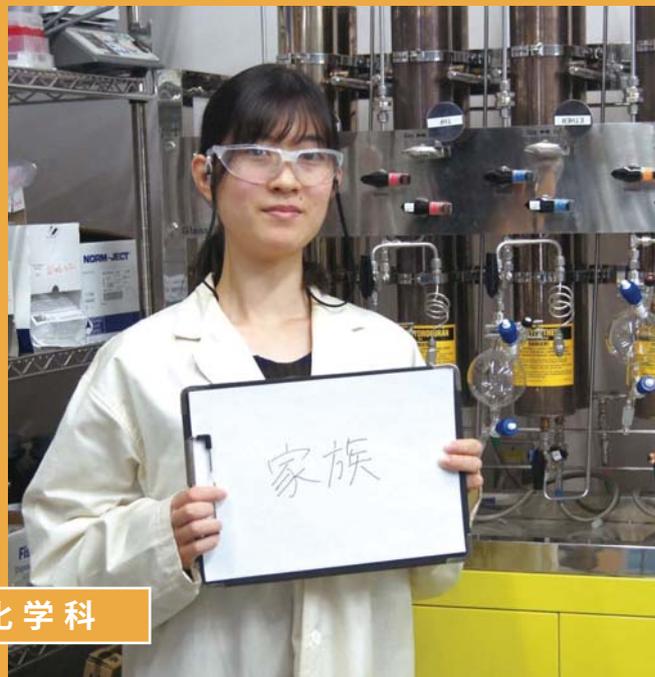
## 支えるパートナー」Ⅱ

どんなパートナーと共に研究生生活を行っているのでしょうか



応用化学科

連続エッジキャストは有機半導体の単結晶薄膜を作製する塗布手法です。  
 半導体材料に応じて温度や速度などの  
 塗布条件を最適化しなければならない作業には、難しさもありますが、  
 その分きれいな単結晶膜を得られた時の感動も大きいです。



3年生までは一人暮らしをしていました。  
 家に帰ればごはんがあるというのはささいなことですが、  
 そのおかげで研究に集中できています。  
 一度一人暮らしを経験したことで、よりそのありがたみがわかるようになりました。  
 他愛もない話も聞いてくれる家族は、私の研究の支えになってくれています。

工学部では、学生が作る広報誌「Ttime!」を発行しています。

◎バックナンバーはこちらから

[http://www.t.u-tokyo.ac.jp/foe/public\\_relations/t\\_time.html](http://www.t.u-tokyo.ac.jp/foe/public_relations/t_time.html)

◎「Ttime!」Webでは、本誌に載せきれなかった情報を発信しています。

<http://ut-ttime.net/>

◎「Ttime!」は、全国の高校や予備校に無料で配布できます。

お問い合わせはこちらから。

✉ [ttime.todai@gmail.com](mailto:ttime.todai@gmail.com)

※本誌掲載情報の無断転載を禁じます。

