

学生が作る工学部広報誌 Ttime! 特集号



# TECHLYMPIC

～活力あふれる社会を創る工学の祭典、開幕～

東京大学工学部



The background is a dark night sky with two large, golden-yellow fireworks exploding. Below them, a green beam of light cuts across the sky. In the foreground, a stylized stadium with a blue and purple roof and a red track is visible. The stands are filled with brown rectangular shapes representing spectators.

# 安田講堂裏に 突如現れた 謎のスタジアム。

ここで行われる大会こそが何を隠そう「工学の祭典 Techlympic」。それは、錚々たる選手たち(先生方)による、社会創りの競演である。

ここでは、出場する16人の選手を紹介する。どの選手も個性的な研究を行っている。

これを読めば、各選手が活力あふれる社会の創造に向けて邁進していく姿が想像できることだろう。



# CONTENTS

目次 01-02

3つのスタジアムを一挙紹介！ 03-04

## 先生紹介

桑野 玲子 教授 -社会基盤学科- 05  
土木女子(どぼじょ)のバイオニア

川添 善行 准教授 -建築学科- 06  
建築海原の探検家

小泉 秀樹 教授 -都市工学科- 07  
住民の目を輝かせるまちづくり研究者

山中 俊治 教授 -機械工学科- 08  
デザインエンジニアリングの草分け

新山 龍馬 講師 -機械情報工学科- 09  
動物的しなやかロボット博士

須賀 唯知 教授 -精密工学科- 10  
界面の達人

堀 浩一 教授 -航空宇宙工学科- 11  
工学部の正統的異端児

伊庭 斉志 教授 -電子情報工学科- 12  
進化を計算する人工知能学者

Next Generations 13-14  
学生紹介

## 先生紹介

熊田 亜紀子 准教授 -電気電子工学科- 15  
次世代電力機器の案内人

芝内 孝禎 教授 -物理工学科- 16  
超伝導の“Super”Scientist

岩田 覚 教授 -計数工学科- 17  
現代のアルゴリズム職人

坂田 利弥 准教授 -マテリアル工学科- 18  
半導体とバイオをつなぐキーパーソン

山口 和也 准教授 -応用化学科- 19  
触媒を操る 地球の救世主

山下 晃一 教授 -化学システム工学科- 20  
理論化学のご意見番

岡本 晃充 教授 -化学生命工学科- 21  
ケミストリーとバイオロジーの二刀流

柴沼 一樹 講師 -システム創成学科- 22  
縁の下の若き守護者



# Techlympicが 開催される 3つのスタジアムを 一挙紹介!



## 本郷地区キャンパス

面積 / 560,000 m<sup>2</sup>(東京ドーム11個分)・ 場所 / 東京都文京区本郷

1876年、加賀藩屋敷の跡地に東大医学部の前身となる東京医学校が移転してきたのを発端とする。本郷・弥生・浅野の3キャンパスで構成される。医学部附属病院、総合研究博物館、素粒子物理国際センター等、文理問わず幅広い分野にわたる施設を有する。シンボリック的存在である安田講堂、正門、および工学部列品館や工学部一号館を含む五つの建物は国の有形文化財に登録されている。浅野キャンパスは、戦後、工学部が急速に規模を拡大し本郷キャンパス内だけでは施設が不足したことにより設置された。



工学部一号館前広場(左)と安田講堂脇ベンチ(右)は常に賑わう!







## 柏地区キャンパス

面積 / 320,000 m<sup>2</sup>(国会議事堂3棟分)

場所 / 千葉県柏市柏の葉

1996年、三鷹・六本木・田無地区に存在していた附置研究所の改組・統合を経て設置に至る。柏、柏II、柏の葉駅前の3キャンパスで構成される。新領域創成科学研究科のほか、2015年のノーベル賞で話題にあがった宇宙線研究所、数学と物理学によって宇宙の解明に挑む国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構、大気海洋研究所、物性研究所等が設置されている。研究設備も、極限計測・強磁場コラボラトリー・ニュートリノ観測・強磁場MRI等、充実のラインアップとなっている。



## 駒場IIキャンパス

面積 / 100,000 m<sup>2</sup>(サンリオピューロランド2つ分)

場所 / 東京都目黒区駒場

別名駒場リサーチキャンパス。駒場I、駒場IIの2キャンパスで「駒場地区キャンパス」が構成されているが、工学系の研究施設が集まるのはこのキャンパスである。大学に附置された研究所としては日本最大級の規模を誇る生産技術研究所や、材料・環境・エネルギー、社会科学、情報、生物医化学、バリアフリーの6つをカテゴリーに、分野横断的に研究が行われている先端科学技術研究センターが設置されている。





# KUWANO REIKO

## 桑野 玲子 教授

社会基盤学科

1999年 ロンドン大学インペリアルカレッジPhDを取得  
2013年～ 東京大学生産技術研究所教授

空手家として気迫の  
正拳突きです。

## 土木女子(どぼじょ)のパイオニア

インタビュー / 中根 雅晴

### 土の動きを科学する

私は地盤あるいは土構造物に関わるインフラの機能保持や防災、そして環境保全に関わる研究を行っています。その中で、最近注力しているのは、都市の道路陥没のメカニズムを解明しその問題を解決することです。日本をはじめ、世界中の国々の都市は、その成熟に伴いインフラ設備は老朽化しています。通常、それらの耐用年数は50年程度とされ、耐用年数を超えたインフラには様々な不具合が起こります。例えば、都市の道路下には水道管や下水管などの埋設管が埋設されていますが、老朽化により埋設管が壊れその周辺の土が流出し、路面の陥没が起こっています。インフラを維持管理していくうえで、地下の土の状態を評価することが社会的にも必要とされています。

しかしながら、土の挙動を予測することは困難です。土は土粒子と水、そして空気の三層構造をしています。また、粒子の形状も様々で、粒子径が小さくなることで透水性が小さくなり、性質がかなり変わります。不均質性も大きいので現場の土の性質を評価することや土の動きを物理計算によって予測することは簡単ではありません。近年では、物理現象を計算によってシミュレーションすることが主流ですが、土の挙動に関しては実験しなくてはわからないことも多く、土を扱う地盤工学は実験中心の研究が成り立つ古典的な分野であると言えます。

### 土木の道に進んだ理由

私が学部2年生だったころに長崎で水害が起こったことがきっかけです。現代は科学技術が発達し、自然現象がある程度予測可能な世の中になっています。例えば、台風は、発生から予想進路まで概ね予想できます。それに関わらず、自然災害によって人が亡くなることがあり、こんなことはあってはならないこと、何とかならないかと思いました。また、父が土木技術者だったことも影響しているかもしれません。普通は、特に子供の頃は、土木技術者と

いう職業を知らないため、イメージがわかずそれになろうと思う人も少ないと思います。実際に、土木工学科に進んだ際には、学科始まって以来2人目の女子学生でした。余談ですが、現在でも土木系学科の女子学生割合は各大学で1割程度らしいです。そのため、土木は男女共同参画の観点でフロンティアの一つとされています。

### まわり道の勧め

若い世代に向けたメッセージを送ります。とにかく、いろんな事にチャレンジしてほしいです。東大に来る人の中にはまわり道をせず、最短距離で人生を走ってきた人が多いように感じています。しかしながら、まわり道をすればするほど、いろいろな経験や友達が後の財産となり、あなたの魅力として蓄積していきます。若いうちは足踏みやまわり道なんてしていただけないと感じることもあるかもしれませんが、幅広い興味をもつこと、友人や先生との人間関係を大切にすること、そしてチャレンジによる成功・失敗経験を積むことが、技術者としても、人としても重要だと思います。ぜひ、まわり道をして魅力的な人になってください。

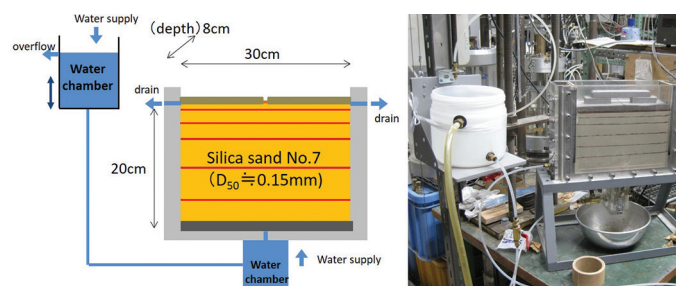


図 砂地盤の液状化再現実験装置とその模式図。図のような装置を用いて、実験をすることで砂地盤の評価を行ないます。





# KAWAZOE YOSHIYUKI

川添 善行 准教授

建築学科

2004年 東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻博士課程満期退学

2014年～ 東京大学生産技術研究所准教授

落ち着いた中に  
情熱を感じる。

## 建築海原の探検家

インタビュアー / 新谷 健太郎

### 建築を通して

私は建築学の研究と同時に建築家として設計にも取り組んでいます。両方を通して常に大事にしているのは、建築がその場にあることの必然性です。建築は建てようと思えば、どこにでも建てることができます。しかし実際にはそれだけでは不十分です。建築は実際に人々が活動し生活する場になります。立地する場所には必ず、その場に生活する人々が作る文化や活動の姿、気候、風土等により生まれる特質があります。それを理解しながらその場所に相応しい、建築的な形を見付けることが重要なテーマです。

具体的に東大生に身近なキャンパス内の設計を通して考えてみましょう。私は今「本郷キャンパス総合図書館 新館」の設計に携わっています。現在図書館は全面刷新、拡充中で、改装と同時に図書館前の噴水の下に地下三階建ての「新館」を増設しています。本館と接続させつつ、この新館を、分野を越えて人が集まり議論するきっかけの場として計画しています。そこには現状の大学への問題意識が関わっています。従来の大学は、国を維持するための労働力の「工場」として機能しています。したがって、そこに用意されたのは学ぶための講義室とそれに付属する施設のみです。しかし今大学にあるべき場はそれだけではないと感じています。大学の中には講義を聞いて学ぶものだけでなく、より別の形で得られるものがあるはずではないか、その一つとして専門を越えて人と議論をすることのできる場所があってもよいのではないかと考えました。学びで重要なのは、授業を真面目に聞く力だけでなく、自分の考えを相手に伝え互いに思考を発展させていく力を身につけることです。



図 本郷総合図書館新館1階ライブラリープラザ

そのきっかけとなるような場を図書館に生み出そうと考えています。

また私の研究室は少し変わっていて、大学院の学生と設計の実務をする人が同じ部屋に同居しています。これは、本来は深く関わり合う必要のある産業と学問を共存させ、学問を社会から孤立させないためです。学問に携わる私たちこそ社会で求められているものや社会の新しい技術の中に身をおくべきと考えます。実際、社会的責任感や生活スタイル等の違いによる大変さはありますが、相互に良い影響を与え合う場となっています。

### 小さな頃の夢と大学時代

本当は、小学校の頃まではマゼランのような探検家になりたいと思っていたのですが、ある時「地球の大陸はすべて見つかってしまった」ということに気づいてしまいました。さらに現実の探検家は雪山に登ったりして大変そうであつたため、そこで断念してしまいました(笑)。また、大学一年生のときに友達がいなかったことが今の仕事に繋がっているのは面白いです。試験勉強で友達とノートを見せ合うこともなく、悠々と大学生活を送っていたら、進学振り分けでなんとか最低点数で建築学科に入ったことが最初のきっかけです。おかげで建築に出会えたわけですが、結局今の自分になっているのは色々な縁のおかげなのだと思います。

### 学生に伝えたいこと、 デザインと文化への関心

新しく学び始める学生、特に建築以外の分野を学ぶ学生達にとってもデザインと文化は重要で、是非関心を持ってほしいです。ものづくりは必ずしも効率化を突き詰めればよいというものではなく、それとは違う“良いデザイン”がもたらす効果は必ずあるはずです。また、世界と競争する時代になり、今の日本の人々たちには自分たちのもつ文化の厚みを上手くものづくりに利用するマインドを養ってほしいです。その上で、大きな世界、時代の枠組みの中で自分はどこにいて何をするのかという歴史的な視点が必要になるはずです。



# KOIZUMI HIDEKI

## 小泉 秀樹 教授

都市工学科

1993年 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻博士課程修了  
2013年～ 東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻教授

実は小泉先生の靴も  
スポーツ用シューズでした！

## 住民の目を輝かせるまちづくり研究者 インタビュアー / 柳光 孝紀

### 「まちづくり＝コミュニティ・デザイン」を研究

私は「まちづくり」について研究をしています。まず、「まちづくり」について説明します。日本のまちづくりは、町づくり→街づくり→まちづくり、と変遷しています。

「町づくり」は、町内会や自治会などで住民たちが人間関係を築いたり、町をつくったりすることです。「街づくり」は、主に物的環境の改善のことです。物的環境とは、道路や公園といった人工公共物のことです。高度成長による環境破壊に伴い、「人々にとって住みやすい物理的空間」が重要視され始めたのがきっかけです。

しかし、物的環境を良くしただけでは人間関係が良くなるわけではない、ということが判明しました。そこから、「まちづくり」、別の言い方は「コミュニティ・デザイン」という、ある(空間的)コミュニティの中で物的環境と社会的環境をどちらも良くすることが重視されるようになりました。

社会的環境には、保育所といった社会サービスや、人々が集まれる「空間」や「機会」などが含まれます。このことから私は、被災地のような物的環境が不十分なところでは物的環境の充実を優先して、既に物的環境が整っているコミュニティ内では「空間」と「機会」を人々に提供できるような社会的環境の充実を図ることに取り組んでいます。

### きっかけ＝社会に関心→大学院で都市工学

高校時代、理系の友人たちが社会思想や哲学に興味をもっているのを見て、私も社会への関心が高まり、理系の中で社会とつながることのできる分野を学ぼうと思い、大学では建築系に進みました。そんな時、都市計画の授業を受けたところ、それが面白く、都市工学に進めば自分の思い描いていた社会へのアプローチができるのでは、と考え、大学院では都市工学に進みました。

大学院で、日本で初めてコミュニティ・デザインについての本を書かれた

森村先生に習ったことが今の研究をするに至った一つのきっかけですが、研究室の先輩ももう一つの大きなきっかけとなっています。

その先輩は、とある町での住民参加のまちづくりに関わっており、私も先輩のツテで手伝いをするようになりました。そして、住民の方がまちづくりを行う上で必要な専門知識を使えるようにするためのワークショップや、フロア全体に渡る位の居住地域図の上に面白い場所や注意が必要な場所を書いてもらい「ガリバーマップ」を製作する、というワークショップを開きました。後者のワークショップは、皆にとつての「良い空間」と「悪い空間」を洗い出すもので、まちづくりの方針を決める上でヒントになるものです。

こうしたワークショップを行ったところ、住民の方が「自分たちの手で本当に良いまちをつくる」ことに対し目を輝かせて楽しんでいる姿が私の目に映りました。この光景を見て、まちづくりは私にとってもやりがいのあるものだと感じ、また、上手く行えば更に良いまちができるのではないかとこの可能性も感じました。そして、これがきっかけで今のようにまちづくりの方法などを研究するようになりました。



図 ワークショップの風景

### 文理の枠にとらわれずに好きなことを

私は元々理系でしたが、今ではまちづくりという文理にまたがる研究を行っています。好きなことは積極的に自分から学びたいくなるはず。好きなこととことん取り組むことで、皆さんの未来も見えてくると思います。





# YAMANAKA SHUNJI

## 山中 俊治 教授

機械工学科

1982年 東京大学工学部産業機械工学科卒業

2013年～ 東京大学生産技術研究所教授

研究室でつくっているものだけでなく、  
山中先生自身もかっこよかったです。

## デザインエンジニアリングの草分け

インタビュー / 柳光 孝紀

### デザインエンジニアリングとは

私が研究しているデザインエンジニアリングとは、幸福な体験をもたらすために人間と人工物との間の関係を設計することです。具体的には、様々な研究分野の先生とコラボレーションして最先端の領域におけるプロトタイプ(試作品)をつくっています。

### 最先端技術をプロトタイピング

私の研究室では、性能だけでなく、アートや人間工学等の、性能評価では踏み込めない領域も含んだ最先端技術のプロトタイプの製作を研究目的としています。つくりたいものが先にあり、そこから必要な技術やデザインを考え、プロトタイプをつくるという流れで研究しています。現在は、ロボットの研究や義足の研究などを行っています。

まず、ロボットの研究について説明します。ロボットというと、人間の役に立つようなものをイメージすると思いますが、ここでは、それよりも、人間が生き物のように感じてしまうことをロボットの魅力と捉え、「新しい生き物」となるようなロボットの製作を目標に研究しています。つまり、ロボットにどんな構造や動きを与えれば生き物らしくなるかを研究しています。

次に、義足の研究について説明します。ここでは、一人ひとりの身体に合った

美しい義足の製作を目標に研究をしています。今の義足は量産性を考え、人体に直接触れる部分は一人ひとりに合わせたものが作られていますが、外観部分は標準化されたものが多いです。しかし、本来は外観面も一人ひとりに合わせてデザインされるべきです。ただ、そうすると、1人分だけでも大変手間がかかります。そのため、3Dプリンタなどの最先端技術を用いることでカスタマイズがより簡単になるような義足製作についての研究を、3Dプリンタの研究をされている先生と共同で行っています。

過去から現在にかけて、デザインのあり方というものが変化しています。20世紀のデザインというのは、技術が先にあった上でのデザインでした。例えば、テレビですと、まず映像を映す技術が先にあり、そこからその技術を世に出すためにテレビをデザインする、というような感じです。ただ、現在では、人々に対しどのような体験を与えるか、ということをもまず考え、その考えを起点に技術の形成とデザインを同時に行うような流れになってきています。私もその流れを汲んで2000年ごろから自分たちでプロトタイプをつくったり、企業の研究所と共同研究したりしていました。

### 研究室の学生に期待していること

研究室の学生には、最先端の技術を理解した上で技術者と共に技術開発に関わっていけるようなデザインエンジニアになってもらうことを期待しています。基礎学問を積み重ねていくのではなく、つくりたいものがあった上で、それに必要な知識を幅広く学ぶことがデザインエンジニアには期待されます。そのため、ここでは幅広く知識を身につける方法を教えています。

### ものづくりの喜び

ものづくりの喜びというのは自分にとって満足のいくものをつくることであり、そこに直結するのがデザインだと思います。最高のものを人に届けたい、そう思っている方は是非一緒に研究しましょう。



左図 山中研究室でつくったロボット(Flagella 撮影:吉村 昌也)



右図 山中研究室でつくった義足(ドライカーボン製陸上競技用下腿義足 撮影:加藤 康)



# NIIYAMA RYUMA

## 新山 龍馬 講師

機械情報工学科

2010年 東京大学大学院情報学府博士課程修了

2014年～ 東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻講師

動物とロボットを  
繋ぐ研究を  
体現してもらいました。

## 動物的しなやかロボット博士

インタビュアー / 澁谷 崇

### やわらかいロボット工学

ロボット研究は、とても学際的な研究分野です。私は、歯車で動く金属製のロボットではなく、動物に近いしなやかな動きのロボットを目指しています。そのため、工学だけでなく、神経科学や解剖学などの分野の知識を総動員して研究しています。エンジニアの立場から、観察だけでなく、試行錯誤してロボットを作ることによって生物運動の本質に迫ろうとするアプローチです。

これまでに、カエルに似た人工筋肉で動く跳躍ロボットや、アスリートの脚に学んだ走るヒューマノイド・ロボットなどを開発してきました。こういったロボットは生物規範型ロボットと呼ばれています。かたい骨格とやわらかい筋肉の組み合わせは、私が目指すしなやかな機構の良い例です。研究の一環として、人工筋肉の開発も行っています。

### この道に進むに至ったきっかけ

小さな頃からものづくりに興味があり、小学生の頃は学研マンガシリーズの「ロボットのひみつ」が大好きでした。これがロボットに興味をもった最初のきっかけだったと思います。中学卒業の時、すぐにでも自分の手でロボットを作りたいと思い、高等専門学校(高専)に進学しました。高専時代からロボコンに出場しており、大学に編入学してからも続けていました。NHK大学ロボコン



図 カエルロボットがジャンプする様子

では国内大会で優勝し、国際大会にも出場しました。研究では、学部4年生のときに作ったカエル・ロボットが新聞に取り上げられて、とてもうれしかったですね。学生のときは、自分の研究以外にも、他の研究室の研究の手伝いをしたり、アート・デザイン展に参加したり、研究と直接関係ないことも含めて色々な活動をしていました。

### これからのロボット

ロボットがより身近な存在になっている世界を作りたいと考えています。そのためには、人にやさしい安価なロボットが必要です。今までのロボットは、主に硬い材料で作られ、動きの柔軟性も欠けていました。しかし、親しみやすさや安全性、コストを考えると、構造も動きもやわらかいロボットが必要になってくると考えています。研究を通じてロボットのイメージを変えていきたいです。

### 多様な選択肢を

いつでもチャンスをつかめるように、ひとつのキャリアパス、ひとつのアイディアに固執せず、第2プランをいつでも持っていてほしいと思います。選択肢を多くもつには、新しいことを見つけてどんどん試す好奇心が大切です。身の回りの環境は常に流動しています。ロボットでも、真っすぐ立って姿勢を維持するだけで様々なコントロールと情報収集が必要です。人間も同じで、現状を維持するだけでも動き続ける必要があります。まして、前に進む続けるためには、それ以上の活動量が必要だと感じています。活動量を保つコツは、楽しむ、あるいは、知的に遊ぶことです。多様な選択肢を持つことは、心の余裕や、研究上のインスピレーションにもつながります。





# SUGA TADATOMO

## 須賀 唯知 教授

精密工学科  
1983年 ドイツ理学博士(Dr. rer. nat)、シュトゥットガルト大学  
2004年～ 東京大学大学院工学系研究科精密工学専攻教授

常温接合でくっつけた、アルミの円柱を  
引っ張ってもらいました。

## 界面の達人

インタビュアー / 白畑 春来

### 接着剤も熱も使わない常温接合とは

私は、金属をはじめとする材料を、常温で直接接合させる方法を研究しています。金属部品を直接接合させるためには普通、溶接や加熱、接着剤によりくっつけます。しかし、これらの方法は、熱で溶かすためのエネルギーを必要としたり、脆い化合物ができたりする問題を抱えています。そこで、接着剤も熱も使わない方法として常温接合を研究しています。図1にそのメカニズムを示しますが、酸化によって安定化している金属の表面層をイオンビームによって除去し活性化表面にすることで常温でも強く結びつけられます。常温接合の技術は、ミクロンサイズの小さい半導体の電極から、数mm角の小さいセンサー、直径30cmのウエハまで幅広いサイズに対応しています。また、素材でいえば、ほぼすべての金属・半導体に用いることができます。もちろん材料の種類には熱力学的な理由から接着のしやすさの組み合わせがありますが、同種異種は問いませんし、最近ではガラスやプラスチックなど、非金属の接合にも用いられています。

この技術は、半導体や光デバイスの3D集積化や微小機械の組み立て、ディスプレイなどを空気・水の侵入から守る技術に応用されています。微小機械の例として、大気圧の測定から高さの変化を検知できる、1mm角の小型で高精度なセンサーがあります。図2に示す通り、このセンサーは上下二つのシリコン基板からなり、下のシリコンはいわば「ふた」、上のシリコンは薄い膜で、内部には真空状態の空洞があります。外部からの圧力による

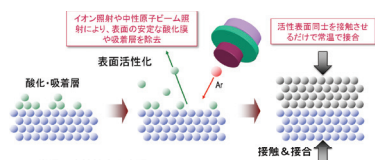


図1 常温接合のメカニズム

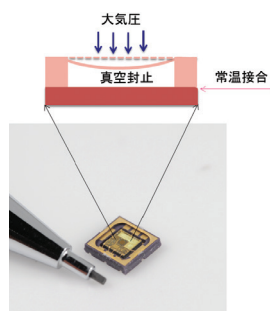


図2 高さを検知する絶対圧センサーの仕組みと実物  
<http://www.omron.co.jp/press/2012/07/e0705.html>

たわみを薄い膜上に形成したピエゾ素子が検出し、電気信号に変えることで、大気圧による力の変化、つまり高さの変化を検知できます。この上下の2つのシリコン基板を接合させる際常温接合が用いられます。薄い膜のセンサー部に歪みがなく、容積を厳密に制御して真空部を作れ、真空内部に不純物や空気が混入する心配もありません。さらに常温プロセスによって省エネも可能なこの技術は、超小型の機械やセンサーに関わる新しい産業にこれから欠かせないものとなっていくと期待されています。

### 工学の技術を社会に実装する

熱も接着剤も使わない画期的な常温接合をご紹介しましたが、その逆のプロセスである素材の常温での分離についても研究をしてきました。家電のリサイクルやリユースの過程で、通常なら粉砕される部品が分解しやすくなり廃棄物削減が期待されます。このように、部品の電気的な特性や、機械的な強さを最大限発揮させるという“機能”にとどまらず、社会での応用を考えた際のコストや、組み上げられた部品のリサイクル・リユースという環境負荷の低減、つまり“時間”という観点にも配慮してシステムを作り上げていくことで、工学の技術を社会に実装するのが私の研究のコンセプトです。

### 独自の分野を突き詰め、論理的に発信する

今までの研究生生活を振り返ると、誰もやったことのない分野を突き詰めていこう、ひとつ誰もやっていないところを研究しよう、という気概がありました。研究においては何か大きな最終目標が明確にあったわけではなく、常に目の前の山を一つずつこえていく過程の連続でした。しかし、その方向を誤らず、また独善的にならずその分野で力をつけるためには、社会との関連を常に考え、自分の考えを他のひとに論理的に伝える力が重要であり、ドイツでの研究経験からこのことは痛感しました。そのため、普段から論理的に書く、話すということを意識してみるのが大事だと思います。



# HORI KOICHI

## 堀 浩一 教授

航空宇宙工学科

1984年 東京大学大学院工学系研究科電子工学専門課程博士課程修了

1997年～ 東京大学大学院工学系研究科航空宇宙工学専攻教授

先生がかつて愛用した電鍵との一枚。  
手の乗せ方、打ち方にも  
流儀があるそうです。

## 工学部の正統的異端児

●インタビュー / 中川 悠一

### 世界をより多元的に

工学の役割は大きく言えば「人類の幸福」であると思っています。あるいは最近では狭く、地球の幸福といいかえなければいけないかもしれません。その観点から言うと、工学の技術によって世界が画一化されていくことは人類や地球の幸福にはつながらず、地域のコミュニティや個々人の興味を生かすような形で、創造性が最大限発揮されるような技術の使い方が必要だと考えています。工学の技術で、「世界をより多元的にしていく」ことが研究の大目標になっています。

そういった背景もあり、私自身は人工知能を研究テーマとしています。研究室の学生は自分のやりたいことなら何でもやってよい、というスタンスでいます。また、テーマも皆が探してきて、それを議論して深めて、研究にしていこうという方針にしています。そのため、新興国の技術支援を今までになかった形で行おうというコンセプトを掲げて実際に現地で指導を行ったり、飛行制御技術をメディアアートの分野に応用したり、といった実に多様な研究が生まれています。

### 常に人がやらない研究を

工学を志したきっかけは、小学校4年生の頃に作った真空管ラジオです。自作のラジオから大きな音が出た時の感動が忘れられず、無線少年になってそのままここまで来てしまいました。大学に入学して田舎から出て来て一番嬉しかったのも、秋葉原に毎週行ってパーツを漁って回れることでした。当然のように工学部を選び、電子工学科に進みました。そこで人工知能の研究へと進みかけたのですが、当時は人工知能というものは、不可能という先入観や、人の創造は神の行いだとするキリスト教などの宗教観などから怪しい研究とみなされていて、表立ってテーマとして扱うことは難しい時代でした。それでも人工知能を研究したいという仲間は多く、「AIUEO (Artificial Intelligence Ultra Eccentric Organization)」という学生グループを作って、各々の研究とは別に、人工知能の勉強会をしていました。当時のメンバーの多くが、今も研究

の第一線で活躍しています。

博士課程修了後は4年間、国文学研究資料館に勤務して、言語処理を使った論文検索システムなどに携わりました。ここでの経験も非常に面白いものでした。例えば、「もののあはれ」という単語を一つとっても、研究者によって解釈が異なります。その差異を検索システムに学習させるという試みが、私の最初の国際会議の論文になりました。東大先端研にきて以降は、知識処理などの人工知能の本流の研究をする傍ら、より人間の創造性を生かすような設計支援や創造支援を行うための人工知能研究を行っています。この研究も始めた当時は研究者の中でも異端とみなされていましたが、結果を出すことで少しずつ認められてきました。

### 専門に捉われず幅広い学習を

皆さんには、自分の専門以外の分野でも幅広く勉強してほしいと思います。例えば、AIUEOの活動の一環として、若手の哲学研究者と定期的に集まって議論をし、時には哲学の大先生に来ていただいたりして哲学の勉強もしていました。哲学研究者にとっては、人工知能を考えることは人間を考えることにつながり、私たちも哲学を勉強することで有用な知見を得ることができました。

また、特に航空宇宙という分野は、夢を語っているだけではなかなか理解してもらえません。宇宙や航空の魅力を一般の人たちに理解してもらえるように話す力を鍛える訓練が必要です。これは、航空宇宙に限らず広く理科系の学問に言えることでもあり、高校生や駒場の学生のみならず、皆さんには、幅広く興味を持って学習をし、いろんな分野の人と議論をして話す力を鍛えてほしいと思います。



図 堀研究室で開発された小型の自律飛行機  
([http://phenoxlab.com/?page\\_id=606](http://phenoxlab.com/?page_id=606))



# IBA HITOSHI

先生のお好きな古生代カンブリア紀の  
生物のぬいぐるみとともに  
(左:アノマロカリス、右:オバビニア)

## 伊庭 斉志 教授

電子情報工学科

1990年 東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻博士課程修了  
2011年～ 東京大学大学院情報理工学系研究科電子情報学専攻教授



## 進化を計算する人工知能学者

インタビュアー / 森 千夏

### 生物進化に着想を得た最適化計算手法

生物は進化の過程で様々な遺伝的変化を起こし、生存に不利なものが淘汰されていくなかで、環境に適応した形態を獲得してきました。これはある種の最適化を行っているといえます。この考えに基づき、生物の進化メカニズムを真似てデータ構造を操作し、最適化問題の解法や優れた構造の生成を目指すのが、私たちの研究している「進化型計算手法」です。

一見真新しい発想に見えますが、実は、人間は昔から知らず知らずのうちに生物の進化の手法を真似てものづくりを行ってきました。例えば、ライト兄弟。彼らは過去の数々の失敗作から「良い部分を取り」、「組み合わせ」、「マイナーチェンジ」を重ねることで、初めて有人動力飛行に成功するという偉業を成し遂げました。この過程はそれぞれ生物でいう「選択」、「交叉」、「突然変異」の過程と似ています。

進化型計算手法の一つに遺伝的アルゴリズムがあります。遺伝的アルゴリズムでは、まず解の複数の候補を遺伝子として表現し、ランダムに初期世代を発生させます。次に、与えられた基準への適合度を現在の集団の各個体について算出し、集団の中から適合度の高いものを残し、残った個体の遺伝子について交叉・突然変異等の操作を行った後、次の世代を生成します。以後同様に「適合度計算」「選択」「遺伝子操作(交叉・突然変異等)」を繰り返すことによって、より適合度の高い「子孫」を生み出すことができるのです。

この「進化型計算手法」は様々な方面で応用されています。例えば金融データ予測。進化型計算を用いた株価予想システムは70%に迫る的中率を記録しています。さらには、芸術においても応用されており、コンピューターが人間とやりとりをしながら、その人好みの曲を自動的に作ることもできます。

また、試行を重ねることで学習し、

Walking: Evolution Process

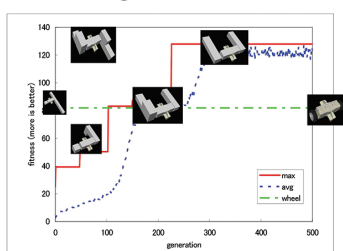


図 モジュール型ロボットの形態の進化過程

能力を高めていく「進化型ロボット」も作っています。これまでに、ブランコ漕ぎやスローイング等についてロボットの自律的学習による最適動作生成の実験を行いました。火星探索を想定したモジュール型ロボットでは、進化型計算により最適な形態を導き出すことに成功しました。

### 進化を通して知能の創発<sup>1)</sup>を理解する

学生時代は「AIUEO<sup>2)</sup>」という人工知能(AI)の勉強会に参加していました。私をはじめ当時AIについて学んでいた学生の間には「鉄腕アトムをつくりたい」という共通認識があったように思います。「進化」というキーワードを研究にとりいれはじめたのは、博士課程を終えてからです。90年代半ばにアメリカのサンタフェ研究所にいる著名な人工生命の研究者・メラニー・ミッチェル氏を訪ねたことが、きっかけのひとつとなりました。やはり知能がなければ生命体は生き残れません。生物が進化により環境にうまく適応してきたことに「知能」を感じ、AIに生物をモデルとしたアプローチを取り入れるべきだと考えるようになりました。また、化石掘りや進化の聖地(ガラパゴス諸島やバージェス頁岩<sup>3)</sup>)への旅行が趣味で、もともと生物好きだったことも今の研究につながっていると思います。研究の最終目標としては、進化を通して知能の創発を理解すること。そしてその創発現象を工学的に活かしていきたいと考えています。

### 多様性を大切に

進化計算をしていると思ってもよらない結果が最適解として導き出されることがあります。型にはまらないクリエイティブな思考力を手に入れるためにも、学生のみなさんにはぜひ幅広く学ぶということを意識してほしいです。生物のように、研究においても重要なのは「多様性」です。

1) 創発: 各要素の総和以上の秩序・性質が全体として現れること

2) AIUEO: 堀浩一教授の記事を参照

3) バージェス頁岩: アノマロカリスやオバビニアなど、約5億500万年前の古生代カンブリア紀の生物化石が見つかる場所



# Next Generation

1



松浦 慧介

Keisuke Matsuura

#### 学科・専攻

物理工学科→新領域創成科学研究科物質系専攻博士課程1年

#### 所属キャンパス

本郷キャンパス→柏キャンパス

#### 学科の志望動機

入学当初は特に物理に興味はなかったです。

自分でいろいろ手を動かしたり、ものを作ったりできたらと思って、工学部に進みたいとは思っていました。工学部の他の学科もそれぞれとても面白く魅力的だったのですが、最終的には物理を学んでおけばとりあえず幅広く使えそうだなという浅い考えで決めました笑。(大学院に関しては、4年生のときの配属の研究室が柏にあったというのもありますが、新領域の方が物理に限らずさまざまな学科、大学から人が集まっていて、また自分の知らないことが学べそうだなと思って選びました。あとは、柏の広大なスペースに惹かれました笑。)

#### 学科の雰囲気

物理工学科は1学年50人で、高校の1クラスより少し多いくらいの人数でしたが、いい雰囲気でした。課題やレポート、実験、院試など、みんなで協力して乗り切ろう的な雰囲気がありましたね。また、先生方も日々の講義や演習などさまざまな場面で熱心に指導される方が多かったように思います。

4年生になると、物理工学特別輪講という授業があり、僕の場合は求研究室に配属されたのですが、求先生をはじめ、先輩の方々から多くのことを教わりました。

#### 僕から見た彼

松浦さんは島根県→東大→Ttime!→物理工学科という、僕が歩んできた道を先に歩まれた大先輩です。それ故、人生の岐路でいつも松浦さんのお世話になっている気がします。普段は気さくな先輩ですが、夢中になって研究をしている姿はまさにScientistです。でもたまには島根のことも思い出して下さい。



インタビュアー

柳光 孝紀

(物理工学・修士1年)

3



村山 ゆい

Yui Murayama

#### 学科・専攻

システム創成学科学部4年

#### 所属キャンパス

本郷キャンパス

#### 学科の志望動機

2年時に経済物理という授業をシラバスで見つけて、当時理科一類に所属しながらも経済などの文系の学問に興味のあった私はとても興味をそられました。実際授業を受けてみて、先生方の空気感が気に入ったのと、この分野なら、私が得意とする数理的な技術で、社会に還元できるのではないかと感じました。それだけのふんわりとした理由でした。

理系脳を社会に生かしている実感を日々感じながらも、楽しくやりがいのある研究生生活を送ることができており、この学科で研究できていることを嬉しく思います。

#### 学科の雰囲気

最初は男の子ばかりでしかもみんな機械に強く、女子高出身で冷蔵庫の設定すらできない私は面喰いました。また、良くも悪くも他の学科に比べると個人主義が徹底されています。

awayな環境から大変な思いをしたこともありましたが、その分とても強くなりました笑。

#### 僕から見た彼女

シス創が誇る看板娘。男子だらけの環境の中で明るく元気に振舞っています。

研究はもちろん留学などの課外活動にも積極的に取り組んでいて、溢れるエネルギーが眩しいです。フルマラソンを完走したり、駒場祭のステージでダンスをしたりと健康的な一面もあり、文句無しの東大美女です。



インタビュアー

榎田 峻裕

(システム創成・学部4年)



工学の祭典 Techlympicで活躍中の選手(先生方)16名のうち、ここまで8名の選手を紹介してきた。どの選手も魅力的な研究に取り組まれていることが、おわかりいただけただろう。そのまま次の選手紹介に移りたいところではあるが、ここでは5名のNEXT GENERATIONSを紹介する。これからの社会を担っていく彼らも、忘れてはならない存在である。

2



## 長谷川 寛将

Hiromasa Hasegawa

### 学科・専攻

農学部環境資源科学課程国際開発農学専修→  
情報理工学系研究科知能機械情報学専攻修士課程1年  
(学部では機械情報工学科にあたる)

### 所属キャンパス

駒場リサーチキャンパス 生産技術研究所

### 学科の志望動機

学部2年生のときに受講した体験型授業で、今の研究室で実験をやらせてもらったことがきっかけでした。レーザ加工機や3Dプリンターなどを使って自分の思い描いたものを作り、実験を組み立てていくことが本当に刺激的だったのを覚えています。また当時はあまり深く携わることができなかったものの、細胞をブロックやファイバ状に加工することで3次元的な組織培養へのアプローチを行うという研究室のコンセプトにもずっとあこがれを抱き続けてきました。

### 学科の雰囲気

研究室の雰囲気になりますが、みんなでわいわいと楽しく盛り上がり、一方でそれぞれが好きなことに夢中になっています。時間などにも非常に寛容で学生らしい生活を送れています。

### 私から見た彼

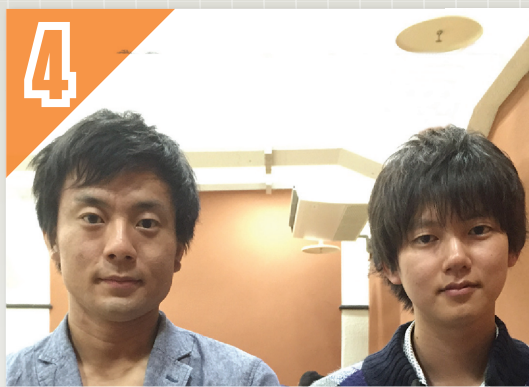
彼と知りあったのは大学二年生の時にとった合宿型のゼミでした。砂浜で畝廻りをしたり軽々と高台へよじ登ったりと運動神経抜群であるというのが第一印象。ところが、本人を後々よく知ってみると、勉強面、研究面でもなかなかの才能があるではないですか。これからの彼の活躍にも、大いに期待です！



インタビュー  
上野 美希子  
(マテリアル工学・修士1年)

# NEXT GENERATIONS

4



## 柴山 翔二郎 (左) 上田 倫久 (右)

Shojiro Shibayama  
Michihisa Ueda

### 学科・専攻

化学システム工学科 → 化学システム工学専攻修士課程1年  
化学生命工学科 → 化学生命工学専攻修士課程1年

### 所属キャンパス

二人とも本郷キャンパス

### 学科の志望動機

柴山くん / 化学系の中でも、より製品化の近い研究をやっているところ、という点が魅力的で志望しました。自分のやっていることがすぐに目に見える形になりそうという期待をしながら進学しました。  
上田くん / 化学と生物が好きだったので、どちらも同じように深く勉強できる化生を志望しました。迷った学科もあったのですが、最終的には研究室のやっていることを見て自分の興味に合う方を選択しました。

### 学科の雰囲気

柴山くん / 教員・技術専門職員のみなさんと学生との距離がとても近く、和気藹々としながらも研究もしっかりやっていてとても居心地が良いです。  
上田くん / オンとオフを切り替えてうまくやっている人が多く、よく集まって遊びに行ったり勉強会をしたりと学科の仲は良いです。また、工学部には珍しく女子の割合が高い(3割弱)というのも特徴です。

### 私から見た彼女

研究への情熱はもちろん、さまざまな分野への好奇心が強い二人はお互いに切磋琢磨しつつ、アフターワークには飲み会にいったりという絆で結ばれている、化生系のホープたち！ 人格面でも頼もしいお二人には頭が上がりません。



インタビュー  
白畑 春來  
(化学システム工学・修士1年)

# NEXT GENERATIONS





見上げるほどの  
巨大放電装置の前での一枚。  
熊田先生は、放電分野の  
トップランナー!

# KUMADA AKIKO

熊田 亜紀子 准教授

電気電子工学科

1999年 東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻博士課程修了  
2007年～ 東京大学大学院工学系研究科電気工学専攻准教授

## 次世代電力機器の案内人

インタビュアー / 本山 央人

### エジソンが残した宿題

現代社会において、電力は必要不可欠なものです。各家庭には発電所で生成された電力が送電線を通して届けられます。大電力を効率よく遠方まで届けるには、高電圧にして送ることになります。高電圧を扱う場合、放電には最も気をつけなければなりません。予期しない大電流が流れ、機器の故障や人的被害につながる可能性があるためです。そのため、放電による事故を防ぎ、放電を制御するために、高電圧・放電現象に関する研究が必要となります。

クリーンエネルギーの登場により、高電圧工学の世界は大きく変化しています。普通送電される電力は、50Hzあるいは60Hzの整った交流で送られます。しかし、太陽光エネルギーは直流の電力、風力発電は様々な周波数が合わさった波形をもつ電力として取り出されます。そのため、これらの電力は一度直流に変換し、その後交流に変換して送電する必要があります。高電圧直流電力を制御する技術開発が世界中で課題となっているのです。

高電圧の直流は、交流に比べてとにかく取り扱いが難しいのです。交流の場合作製したものはほとんど設計通りに動作しますが、直流の場合はわずかな条件の違いが大きな影響を与えるので、交流の技術をそのまま適用することができません。例えば、電力機器に用いられる絶縁物の抵抗率にムラがあると、局所的に電荷が溜まりやすい場所が発生します。すると、わずかなきっかけで、そこを起点にして放電が起きたりします。このように取り扱いが難しく、エジソンが交直戦争に敗れて以来陽の目を見ていなかった高電圧直流送電方式ですが、クリーンエネルギーの登場により、再びその重要性が見直されているのです。

### 放電現象の解明を目指して

高電圧機器の設計において、「なぜ放電が起きるのか」・「どのように放電を止めるのか」というのは重要な問題です。問題解決のためには、放電現象の深い理解が必要です。放電現象の理解のためには、放電中に何が起きているのかを計測する必要があります。放電は、100 ナノ秒(1ナノ=10<sup>-9</sup>)という

非常に短い時間で起こる現象なので、検流計などの電氣的センサでは反応が遅すぎて計測できません。また、センサと測定物で放電が起きてしまうこともあります。そこで私たちは、光を使って計測します。放電が起きると空間中に電子やイオンがたくさん発生し、空間中の粒子密度が変化します。粒子密度が変化すると、屈折率が変化するので、光の進み方(波面)が変化します。つまり、放電が起きている空間に光を入射し、通過後の波面を計測すると、放電前後の波面のずれ具合から、電子やイオン、中性粒子密度を逆算することができるのです。他にも光を使った様々な実験で放電現象を計測しています。

計測結果と放電シミュレーションの結果を照らし合わせながら、より正確な放電現象のモデルを構築していきます。放電を完全にシミュレーションすることが最終目標で、これが可能になると、放電が起きにくい構造や、効率的な放電の消弧方法を計算することが可能となり、高電圧機器設計に大いに役立ちます。経験的な知識に頼らない放電現象の予測が可能となっはじめて、次世代直流高電圧機器の設計が可能となるのです。

### これからを担う学生に向けて

一つのことにとらわれずに広い範囲で基礎を修め、どの分野でも活躍できるような人材になってほしいです。そのために学生の時にできる一番大事なことは講義を大事にすることです。一見自分には関係ない内容でも、後々その知識が役立ったりすることもあります。私自身、電気工学の道に進んだ時は化学には二度と触れないと思っていましたが、今では量子化学計算に取り組んだりしています。また、多くの先人達が築き上げてきた広く深い研究の歴史の中で、自分のオリジナリティや強みを一つでも出してほしいと思います。

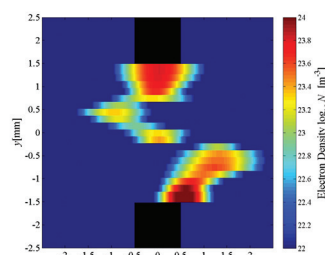


図 4 真中アーク放電の電子密度測定結果



# SHIBAUCHI TAKASADA

可愛らしく微笑む芝内先生。

実は2014年度の

Highly Cited Researchersとして  
受賞されている、すごい先生なのです。

## 芝内 孝禎 教授

理工学学科

1990年 東京大学工学部理工学学科卒

2014年～ 東京大学新領域創成科学研究科教授

## 超伝導の“Super” Scientist

インタビュアー / 山田 静

### 「超伝導」の新たなメカニズムを探る

「超伝導 (Superconductivity)」という現象について研究をしています。

物質が電気を流すときの電流の流れにくさを「電気抵抗」と言うのですが、この電気抵抗は、金属では物質の温度を下げていくと徐々に下がっていきます。そして面白いことに、ある温度にすると、突然间、電気抵抗がゼロになるんです。この電気抵抗がゼロになっている状態を「超伝導」といいます。

電気抵抗があると、どうしても消費電力として電気の損失があるんです。ところが、超伝導状態になると、損失をゼロにできるんですね。この性質は、大きな電流を送る電力輸送や、電流によって磁場を発生させるMRIやリニアモーターカーなどへの応用が期待されます。

「超伝導」は、そのような、大きな技術革新を秘めた現象なのですが、一つ問題があります。それは、超伝導になる温度が、とても低いということです。

最初に見つけた物質は、超伝導状態になるためには4K(-269℃)まで冷やさなくてはなりません。その後、超伝導物質がいくつか発見されていくうちに、「BCS理論(Bardeen-Cooper-Schrieffer theory)」という、超伝導状態を解明した理論が打ち立てられました。これは、超伝導状態になる温度など超伝導物質の示す様々な物理的性質を初めて微視的に説明した革命的な理論で、ノーベル物理学賞を受賞し、また、様々な分野への応用もなされています。しかし、この理論に基づく、物質が超伝導状態になるのは40K(-233℃)まで、ということになってしまいます。この温度では、先程のような応用はどうしても難しくなってしまいます。

ところが、それからしばらくして、約160K(約-110℃)という、BCS理論ではありえなかった温度でも超伝導状態になる物質が発見されました。このような物質を高温度超伝導物質といいます。もしかしたら、超伝導になる温度は、まだまだ上がる余地があるのではないかと考えられるようになりました。また、どうやらこれらの物質はBCS理論とは異なるメカニズムで超伝導に達しているらしい、ということがわかってきました。芝内研究室では、高温度超伝導物質の性質を様々な角度から調べることで、超伝導のメカニズムについて研究しています。

### BCS理論に魅せられて

高温超伝導物質が初めて発見された際、その研究の証明をするにあたって本専攻の田中昭二先生が活躍されたんですね。私はその田中先生の影響で超伝導に興味を持ちました。私が研究室配属されるときには田中先生は退官されていたので、そのお弟子さんである内野倉先生の研究室に入りました。ここでまず初めにBCS理論を学んだ時、とても感動してしまいました。そもそも超伝導に至るということ自体すごいのですが、それをちゃんと理論的に証明した、という点が素晴らしいと思いました。それからはずっと、超伝導の研究をしています。

### 自らの興味を見極めること

物理に興味を持つ学生さんはたくさんいらっしゃると思いますが、物理学は分野が非常に広いので、まずは分野の見極めをお勧めします。

素粒子物理学など、どんどん細分化することによって全体に適用できる理論を見つけ出す分野が多いのですが、理工学学科で主に研究している「凝縮系物理学」と言われる分野は、そうではありません。フィリップ・アンダーソンというノーベル賞物理学者の言葉に、“More is different.” というものがあります。つまり、1つのものの性質がわかっていても多数で存在するときの性質はまた違ったものになる、ということです。

自分が調べたいのは単一の粒子なのか多様な物性なのか、そこから考えて将来の選択をするのがよいかと思います。そして、もし凝縮系物理学に興味があれば、理工学学科にぜひいらしてください。



図 高温超伝導物質の「磁束のピン止め効果」。下に置いてある高温超伝導物質との反発により、磁石が浮かんでいる様子。





# IWATA SATORU

## 岩田 覚 教授

計数工学科

1996年 京都大学 博士(理学)

2013年～ 東京大学大学院情報理工学系研究科数理情報学専攻教授

一見抽象的で難解な数学を生き生きと  
魅力的に語る岩田先生はまさに現代の  
アルゴリズム職人!

## 現代のアルゴリズム職人

インタビュアー / 鈴木 悠司

### 難問を解くカギ ―劣モジュラ関数―

「複数の都市をちょうど1回ずつ巡って元の都市に戻るとき、最短となる経路はなにか」という「巡回セールスマン問題」をご存知ですか。私が研究しているのは、この問題のように「ある条件を満たす離散的な解(例えば、都市を巡回する順番)の中で最も良い解を求める」という離散最適化問題です。離散最適化問題の中には、効率的に最適な解が求められる問題もありますが、巡回セールスマン問題をはじめとする多くの離散最適化問題に対しては、短い計算時間で効率的に厳密解を求めるアルゴリズムを作ることは実質的に無理だろうと言われています。こうした解きにくい問題に対するアプローチとして、綺麗に解ける最適化問題で使われる技法をうまく利用し、厳密に最適ではなくてもそこそこ良い解を速く求める、あるいは多少時間はかかってもしっかりと最適なものを求めるといった方法が取られます。そのため、どのような問題なら綺麗に解けるのかを体系的に理解し、その問題の構造に基づいたアルゴリズムを設計するというのが私たちの研究の基本的な姿勢です。

具体的には「劣モジュラ関数」という構造に着目しています。この関数は式で書くと図のようになりますが、いわゆる「下に凸な関数」の離散版のようなものです。1960-1970年代頃から、劣モジュラ性が背後にある問題は綺麗に解けるということが指摘され、研究されてきました。与えられた問題の構造の中に劣モジュラ関数を見出せば、その劣モジュラ関数を最小化するアルゴ

リズムによって、様々な問題の最適解を求めることができるのです。1980年代以降、劣モジュラ関数の最小化を効率的に行うアルゴリズムが研究されてきましたが、私はこれを組合せのアイデアによって従来のアルゴリズムと異なる方法で解くアルゴリズムを作りました。近年では、劣モジュラ関数は「機械学習」(人間が持つ学習能力をコンピュータに獲得させる技術)などの分野でも注目され、応用されています。

### 情報幾何からアルゴリズムへ、そして離散最適化へ

私が学生の頃、甘利俊一先生が研究されていた情報幾何学に興味を持って数理工学の道に進みました。修士課程では制御理論や行列解析の仕事をしていましたが、そのときにアルゴリズムを作ることに興味を持って研究を始め、勉強していくうちに劣モジュラ性が本質的に重要だと理解して今の道に入りました。なので、実は初めから離散最適化の問題に興味があったわけではなく、正直に言うと、そのような問題はコーディングやパズルがやたら得意な人たちの仕事だろうと思っていました。しかし実際に離散最適化問題を研究していると、パズルが得意かどうかは本質的ではないし、コーディングが得意でなくても勝負できる領域はあるという気がしています。今や劣モジュラ関数一つをとっても機械学習をはじめ様々な分野で出てくるので、私の離散最適化の研究が違分野の研究に繋がって、本質的な貢献ができればと思います。

### 納得のいくまで考える

自分が納得できるまでしっかり考えることができれば、それが強みになると思います。世の中で言われていることを鵜呑みにするのではなく、改めて基本的なところから自分で考えて納得できるかどうかは、学問をやる上ではもちろん、それ以外の分野でも重要になるでしょう。

#### 劣モジュラ関数

$V$ : 有限集合

$$f: 2^V \rightarrow \mathbb{R} \quad \forall X, Y \subseteq V$$

$$f(X) + f(Y) \geq f(X \cap Y) + f(X \cup Y)$$

- ネットワークのカット容量関数
- 行列の階数関数
- 多元情報源のエントロピー関数

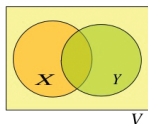


図 劣モジュラ関数の数学的表現。左下の3つの関数は劣モジュラ関数の例。



# SAKATA TOSHIYA

## 坂田 利弥 准教授

マテリアル工学科

1994年 大阪大学大学院工学研究科マテリアル科学専攻博士課程修了  
2011年～ 東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻准教授

「写真に映るときは  
いつもこのポーズです。」

## 半導体とバイオをつなぐキーパーソン

インタビュー / 上野 美希子

### 半導体×診断医療

現在高齢化社会にある日本では、循環器系の疾患やアルツハイマーといったさまざまな病気に苦しむ人が増えています。同時に、医学・薬学・工学などの学問分野が融合し、これまで以上に医療関連技術の発展が進んできています。こうした背景から「病気を完治させるための治療」のみならず、緩和治療などのような「患者のQOL(Quality Of Life、生活の質)も同時に保証する治療」の必要性も問われるようになってきました。そのためには病気を早期に診断する技術が必要になるわけです。そこで私は、生体を傷つけることなく、より高精度に診断医療のための計測を行うことができる「バイオセンサー」の研究を行っています。

このセンサーの仕組みを説明します。DNAや細胞などの生体由来の分子は、体内での活動の際に信号を出します。ここでいう信号とは、+や-といった電気的な性質を帯びているイオンをさします(H<sup>+</sup>やNa<sup>+</sup>など)。私たちは、このイオンが半導体にもたらす電流を検知することによって、生体分子由来の信号を捉える(=生体分子の活動を計測する)技術開発を行っています。ここで、このバイオセンサーによる診断について二つの例をあげます。一つめは糖尿病の診断です。現在は、血液検査によって血糖値を測定する診断が一般的ですが、これには痛みが伴います。そこで私たちは、涙にも血液の100分の1ほどの糖が含まれることに着目し、世界で初めて涙に着目した診断技術を開発しました。涙に含まれる糖の量「涙糖値」を私たちのセンサーで計測することで、痛みを伴わない糖尿病の診断を行うことができます。

もう一つの例は、再生医療に使われるiPS細胞や、不妊治療で登場する体外受精卵が、移植後に機能するか診断です。現在行なわれている移植前診断は顕微鏡観察によるものが一般的ですが、これでは観察する人・場所により診断が異なってしまう恐れがあります。ところで、有効に機能することが期待できる細胞は「イオン」を放出するので、その量をこのセンサーで計測することができます。このことを利用し、観察する人・場所によらない移植前診断を行うことができます。加えて、測定の際に新たに細胞へ薬物を投与しないので、

移植を行うそのままの状態ですべて計測を行えるのもこのセンサーの大きな特徴です。

### 「もともと研究が好きだったんです」

自然の原理を探究する「理学」にも興味がありましたが、世の中で使える技術を開発したいという思いから、実用を目的とする「工学」への道に進みました。しかし大学生・大学院生時代では、現在の生体分子を扱うバイオ分野ではなく、合金などを扱う金属材料の分野を専攻していました。大学生時代の後半では就職活動もしており、内定ももらっていました。しかしその後、研究室の指導教官から「推薦で大学院に行ける」という知らせを聞きました。分野を問わず「研究をやりたい」という願望が昔からあったことと、当時の内定先に就職してしまえば研究はできなくなるという理由から、大学卒業後は大学院に進み、かつ修士課程のみならず博士課程にも進むことを決めました。そして博士課程終了後、研究室にいらした先生の紹介でバイオマテリアル分野でのキャリアを歩み始めることになり、今に至ります。

### 「自由」であること

皆さんには「自由」であることの重要性を意識してほしいです。自分は自由な姿勢で研究をさせてもらえたからこそ、学生時代の研究生活を楽しむことができたのです。自由を意識することで、あらゆるものごとについて自発的に考えるようになり、創意工夫が促されます。「自由」には自己責任が伴っていますが、だからこそ、自分の思うように工夫ができ、やっていることがおのずと楽しくなってくるのではないのでしょうか。

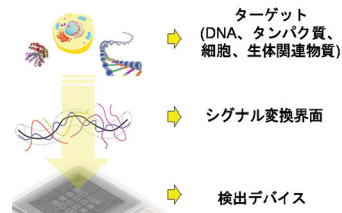


図 バイオセンサーの動作メカニズムを簡略化したもの。「ターゲット」から出る「シグナル(イオン)」を「検出デバイス(半導体)」が計測する。



# YAMAGUCHI KAZUYA

## 山口 和也 准教授

応用化学科

2001年 大阪大学大学院基礎工学研究科化学系専攻化学工学分野博士後期課程修了  
2009年～ 東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻准教授

触媒の可能性について  
熱く語っていらっしゃる  
先生の姿が印象的でした！

## 触媒を操る 地球の救世主

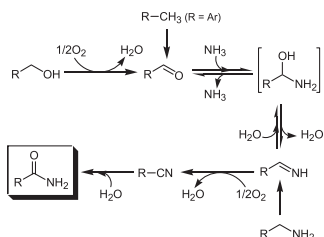
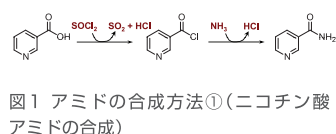
インタビュアー / 田村 有佳梨

### 反応を、よりクリーンに

私は有機合成のための触媒開発に力を入れています。ここでアミドの二種類の合成方法を例に見てみましょう。一つめの合成方法(図1)は栄養補給ドリンク剤にも入っているビタミンの一種、ニコチン酸アミドの一般的な合成方法を示しています。前半の反応では塩化チオニル( $\text{SOCl}_2$ )を使って二酸化硫黄( $\text{SO}_2$ )と塩化水素( $\text{HCl}$ )を出しています。塩化チオニルはものすごい毒。二酸化硫黄も酸性雨の原因にもなる物質ですし、塩化水素は強い酸ですよ。後半の反応でもまた塩化水素を出している。これらの反応は環境にとっていいものとは言えませんよね。工業プロセスとして確立した反応であるとはいえ、万が一のことがあったら怖い。私は触媒の力でこのような物質を出さずに済むようなプロセスを作りたいと思っています。

では、二つめの合成方法(図2)も見てください。これは出発物質がアルコールであり図1とは異なりますが、これもアミドの合成方法です。トータルで見てください。これは水が出てくるだけです。こういう環境に優しい反応を実現させたい。でもこのままでは反応が進まないで、どのような触媒を使えばこのような反応を効率よく行えるかについて研究を行っています。

触媒は様々な分野の人たちが研究していて、逆に触媒自体もさまざまな場面で使える可能性を秘めています。その分、勉強しなければいけない分野も多いですが、研究を通して様々な分野の人とお話できるのが楽しいです。



### 「見えない」プロセスが気になる

子どもの頃から工場を見学する機会に恵まれていて、工場ってすごいなという思いがずっとありました。高校生になり、大学受験で進路を考えていた際に興味を持ったのも化学プラントのオペレーションでした。プラントの中は見えないけれど、中ではどんな化学反応が起こっているのだろう。このような興味から化学工学の世界に進むことになりました。

大学院進学時に触媒の研究室に配属となり、反応を作っていく、触媒を作っていくことを通して化学に対する興味が出てきました。博士号取得後はずっと現在の研究室(水野研究室)で研究しています。

最近では、触媒が反応物の中に溶けて働く均一系触媒反応を「見る」手段は増えてきましたが、固体の触媒が液体や気体の反応物と接触して働く不均一系触媒反応では、反応前後の状態を調べることはできても、反応過程を見るのは難しく何が起きているのかまだ分からないことが多くあります。こういった点もプラントと似ていて楽しいのかなと思っています。

工学と言うともしかしたら実社会での応用に向けての研究というイメージがあるかもしれませんが、やはり工学においても基礎研究は大事だと思っています。その基礎研究で得られたことが最終的には世の中の役に立てたらいいですね。基礎から応用までの一連の流れをひっくるめて工学だと思っていますし、それができることが工学のいいところだと思っています。

### 自分自身としっかり向き合って

まだ専門に進む前のみなさんは、まずは自分が興味あることを見つけ、何をやりたいのかを、周囲に流されるのではなく、なんとなくでもいいから自分でしっかり考える時間を作ってほしいです。加えて基礎的な勉強をして、しっかり足場を固めてほしいと思います。あとはしっかり遊びましょう。若いときにしかできないことはたくさんあります。しっかり自分自身と向き合いながら楽しんでほしいですね。



# YAMASHITA KOICHI

## 山下 晃一 教授

化学システム工学科

1982年 京都大学大学院工学研究科石油化学専攻博士課程修了  
1997年～ 東京大学大学院工学系研究科化学システム工学専攻教授

太極拳で氣を取り込むポーズ。

週一で合気道の  
稽古をする武闘派。

## 理論化学のご意見番

インタビュアー / 堀川 裕史

### あらゆる化学現象を表現しうる 理論化学計算

計算量子化学、化学反応理論などの理論化学に基づき、非経験的化学の学問体系を確立することに取り組んでいます。有機太陽電池・光触媒といったエネルギー変換材料や二次電池、自動車用触媒などを研究の対象とし、化学反応をコンピューター上でシミュレーションすることで、実験を行わずに結果を予測します。実際に実験を行う場合だと周囲の環境や装置などによって条件に制約がかかることが多いですが、理論化学計算の場合はそのような制約がまったくありません。そのため通常の実験では観測が難しい、思わぬ発見があると言えます。また、理論化学計算では原子・分子レベルでの動きや電子状態に注目します。身の回りの物質はすべて原子・分子から成っているわけですから、これを突き詰めて行けば世の中のすべての化学現象が理論化学計算で表現できるということも考えられます。理論化学というと高校の化学で同じ言葉が使われるため化学の多岐にわたる分野の一つにすぎないと勘違いされがちですが、実は化学の世界すべての基礎となる幅広い分野を指すことを知ってもらいたいと思います。手法としては理学的ですが、実験結果を予測し対象とするデバイスの設計・制御を効率化する点は工学的であると言えます。

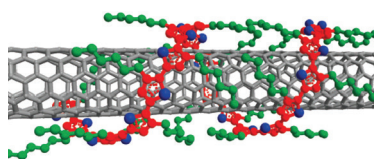


図1 カーボンナノチューブと有機物ポリマーからつくられる次世代太陽電池

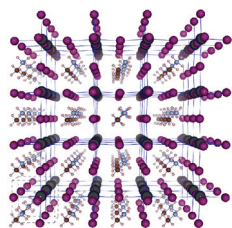


図2 高変換効率が期待されるペロブスカイト太陽電池材料

### この道に進んだきっかけは

元々数学や物理、化学の理論的な部分が好きで、物事を式で記述することに興味を持っていました。実験よりも計算することに惹かれ、理論計算系の研究室を選択しました。学部生時代は普通に就職することも考えていましたが、研究室に入ってから徐々に理論やプログラムを作ること、わからないことを考えて解明することが本当に好きであることに気が付きました。研究室の教授が学生の自主性を重んじるタイプであったため、大学には好きな時間に行っていました。昼夜逆転していたときもありましたね。企業と違って大学は比較的自由な雰囲気です仕事をするのができ、そういう部分も自分に合っていたと思います。研究職は自分にとって天職であるという気がします。

### 学生へのメッセージ

学生時代は自由に時間を使うことが出来る貴重な機会です。特に今は簡単に時間を潰す遊びが溢れていますが、自分への反省の意味も込めてみなさんには有限である時間を無駄にしないように何かに打ち込んで欲しいと思います。もちろん勉強することも忘れないで欲しいですね。

また研究の話をすると、理論化学計算の分野は今後ますます発展します。私が学生のころは現在のようなメモリーデバイスがなく、パンチカード機でカードに穴を空けてデータを保存しており、その穴の位置が情報となるため何千枚のカードを使う必要がありました。今からは想像もつかないでしょう。今後さらにコンピューターの性能が上がり、まだ解明されていないことが分かるようになるのはとても楽しみです。ロマンと夢のある理論計算化学に一度興味を持っていたいただければ嬉しいです。



# OKAMOTO AKIHIITSU

## 岡本 晃充 教授

化学生命工学科

1998年 京都大学大学院工学研究科合成・生物化学専攻博士後期課程修了

2012年～ 東京大学大学院工学系研究科化学生命工学専攻教授 / 東京大学先端科学技術研究センター教授

先生のお部屋には  
手作りの分子模型が  
複数ありました！

## ケミストリーとバイオロジーの二刀流

インタビュー / 森 千夏

### 分子設計と有機合成化学で 生命の謎を解き明かす

私の夢は「生命とは何か」を解明することです。原子、分子の集まりがどのようにして「生命」になるのかという純粋な興味が、研究の根幹にあります。

原子及び生体高分子の個々の構成単位が生命現象にどう関わっているかを有機化学的手法を用いて調査し、さらにその知見を元に新たな分子を設計して、臨床応用を目指す。つまり、生命の原理に迫る基礎研究に加えて、機能性人工生体高分子の開発という応用研究も両立して行い、医療での実用化につなげていくことを意識して、毎日の研究を学生の人々と進めています。

### エピジェネティクス： 細胞ごとに遺伝子のオン・オフを制御

私たちの体はたくさんの細胞から構成されており、その細胞ひとつひとつに同じ塩基配列のDNAが入っています。DNAの一部の領域に遺伝子があり、その塩基配列を読み取ったRNAを介してタンパク質が合成されていく（遺伝子発現）わけですが、全ての細胞で同じ遺伝子が発現しているのはダメで、細胞は種類・状況に応じて異なる働きををする必要があります。それをコントロールしているのが「エピジェネティクス」です。DNA塩基配列の変化を伴わない、後天的なDNAやヒストンの化学修飾によって、細胞ごとに遺伝子発現のオン・オフを制御しているのです。

DNA修飾で最も一般的なのは、DNAを構成する塩基の一つであるシトシンのメチル化です。メチル化により遺伝子発現は抑制され、そのパターン異常はがんに密接に関わるとされているため、メチル化の検出法はがんの早期診断への応用

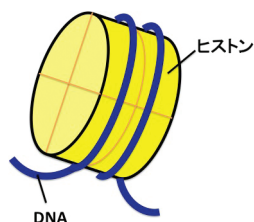


図1 DNAはヒストンに巻きつきヌクレオソーム構造をとる

が可能です。そこで私は「ICON ( interstrand complexes formed by osmium and nucleic acids ) 法」を開発しました。メチル化したシトシンと選択的に結合する金属錯体を利用したもので、従来の検出法に比べ少量のDNA試料を用いて短時間で、巨大分子DNA中にある1個のシトシンメチル化の有無を「診る」ことができる初めての手法です。

また、ヒストンタンパク質の末端は、メチル化・アセチル化・リン酸化・ユビキチン化など、多様な化学修飾を受けて巧妙に遺伝子発現を制御しており、その機構は未解明の部分も多く残されています。この複雑な修飾パターンの暗号「ヒストンコード」を解読するため、私たちはヒストンの人工合成を行っています。生物学的にとってきた試料は様々なものが混ざっていますが、人工的に化学合成すれば純粋なものを得ることができ、より正確な機能評価が可能だからです。また、ヒストン修飾構造を模倣した創薬への展開も期待されています。

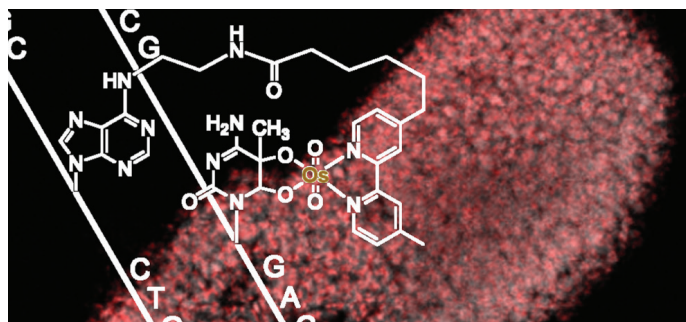


図2 マウス胚のDNAメチル化をICON法により染色

### 原子・分子レベルで行うものづくり

「工学」とは「ものづくり」です。何かをつくることによって人々の生活が豊かになり世界中のみんなが喜んでくれる、そこに工学の醍醐味があるといえるでしょう。「化学生命工学」では、ケミストリーとバイオロジーを融合し、ものづくりを原子・分子レベルで行います。分子を自分でデザインし、複雑な機能を実現していくという楽しみをぜひ味わってほしいです。





「工学の祭典 Techlympic」、いかがだったでしょうか。

眼前に広がる選手たちの競演は驚きの連続であったに違いない。

未来の選手たちよ、より一層勉学に励み、次の Techlympic に出場しようではないか。

## 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

### [企画編集]

柳光 孝紀（学生編集代表）

上野 美希子

白畑 春来

櫛田 峻裕

堀川 裕史

新谷 健太郎

田村 有佳梨

森 千夏

### [目次絵作成]

新谷 健太郎

### [Special Thanks]

森西 亨太

### [取材]

本山 央人

上野 美希子

白畑 春来

澁谷 崇

鈴木 悠司

中川 悠一

中根 雅晴

柳光 孝紀

櫛田 峻裕

堀川 裕史

山田 静

新谷 健太郎

田村 有佳梨

森 千夏

## 協力

東京大学大学院工学系研究科 工学部広報室

中須賀 真一（室長）

梅田 靖（副室長）

大野 雅史

酒井 崇匡

川瀬 珠江

宮川 弥生

里形 玲子

## 印刷

能登印刷株式会社 & BM Design 研究所

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、本誌に載せな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しております。

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。