



# 東京大学工学部 広報誌

Volume 28 | 2008. 12

▶▶▶ contents

特集：計数工学

- 1 | 音楽の魔術師 ～ 情報技術で音楽解析を究める ～
- 2 | 数学からものづくりへ、ものづくりから数学へ
- 3 | 学生座談会 ～ 計数って何？～

◀◀◀ 1 | 音楽の魔術師 ～ 情報技術で音楽解析を究める ～ ▶▶▶

## 1 | 音楽の魔術師 ～ 情報技術で音楽解析を究める ～

「計数工学科」と聞いても、何をする学科か想像がつかないという人は多いでしょう。計数工学科は、工学部のあらゆる学科の基礎となる数理工学とシステム情報学（物理情報学＋認識行動学）を扱う学科。医学や経済や建築なども含む、さまざまなバックグラウンドをもった研究者が、工学部を支える理論作りを目指して研究を続けています。第一研究室の嵯峨山茂樹先生も、ユニークな研究者の一人。計数工学特集の1人目は、情報処理の技術を使って、音や画像を自在に操る研究を進める嵯峨山先生の研究を紹介します。

**Q. 嵯峨山先生の研究室では、どのような研究をされているのですか**

我々、システム情報第一研究室では、音楽・音声・音響など、音に関する研究を中心に行っています。

音は空気中を波として伝わりますから、いろんな音が発生してもすべて重なって一つの音になってしまいます。それを聞いて、重なる前の音に分解復元する技術を開発しています。具体的には、合奏の演奏から楽譜を推定する「自動採譜」や、歌謡曲を自動的に「ボーカル」「ギター」「ドラム」に分解する「音楽信号処理」など。これらの技術は、例えば発売されたばかりの曲からボーカルだけを抜いて自動カラオケシステムを作るといった応用に役立ちます。リズム分析や自動伴奏やジャンル認識などの研究も行っています。

**Q. 音の他にも手掛けていらっしゃるそうですね**

音声認識の技術を応用して、画像処理や手書き文字認識を行っています。一部が欠けてしまった画像を自動で修復したり、手書きの数式を読み取って美しい数式記号に直したり

ということができるとすよ。また、音声で人間とロボットが対話するシステムへの取り組みも行っています。

幅広い分野を手掛けているように見えますが、共通の目的は「隠れている情報をどうやって見つけるか」ということです。また、多くの応用で「隠れマルコフモデル」と呼ばれる、確率理論に基づいて推定する手法を使っています。一つの技術をきっちり研究することで、身近なさまざまな課題を、美しく深い理論に仕上げて解くことができるという面白さを感じてほしいですね。

**Q. 音楽の研究を始められたきっかけを教えてください**

もともと、音楽が好きだったんですね。中学のとき、学校の先生に音楽理論を教わったのですが、それが非常に楽しかった。キレイな音楽の後ろに、共通の法則が隠れているというのが面白かったんです。高校で



嵯峨山 茂樹 教授（工学部 計数工学科・情報理工学系研究科 システム情報学専攻）

研究室に入ると電子ピアノが目飛び込んでくる。弾いた音を記録してくれる優れものだ。

は合唱部に入りました。全国優勝するような強豪校。合唱は大学時代も続け、その後も小さい合唱団の指揮者をやっています。

大学卒業後、企業の研究所に就職。音楽を研究テーマにできるチャンスは虎視眈々と狙っていたのですが、やはり企業では扱えるテーマが限られており、音楽の研究はできませんでした。計数工学科では研究内容に制約がないので、東大に戻ってきてからは本格的に音楽に関する研究に

▶▶▶

取り組むことができるようになりました。ようやく大っぴらに音楽の研究に取り組めるようになった、という感じですね。

Q. 研究室の名前としては、研究内容を表す「音響・音楽研究室」といった名前が一般的だと思いますが、なぜ「第一研究室」という名前なのでしょう。

計数工学科の研究室名は通し番号になっています。テーマとは無関係。これは、その時代にあったテーマ編成で運営しているからなんです。例えば、私が引退したら、第一研究室を継ぐ先生が何を研究するかは決まっています。そのときの他の研究室の先生方で話し合って、時代に一番必要な研究ができる研究者を仲間に加えるのです。計数工学科は、教授の一番弟子が研究室を継ぐ……という考え方じゃないんですね。だからこそ、面白い研究ができるんじゃないかと思っています。

Q. 計数工学科の教育体制について教えてください。

計数工学科に入ると、2年後期から3年生にかけてじっくりと数理工学やシステム情報学の基礎を学びます。4年生になったら、研究に取り組む段階。システム情報工学コースの4年前期では「前期実験」と呼ばれる研究体験に取り組みます。計数工学科の研究室から2つを選び、それぞれに2ヵ月ずつ籍を置いて専門知識や研究方法を学んで、実際に最



天気予報文「金曜日の昼間は天気回復し、太陽がチラッと顔を出します。」のOrpheusによる自動作曲結果例。和声進行はバッヘルベルのカノンから借用。

新の研究をします。後期は半年かけて卒論。他の学科に比べると期間は短いですが、高い成果を目指して研究してもらいます。例えば、私たちの研究室の成果である自動作曲システム「Orpheus」（オルフェウス）は、もとは卒論生が半年間で作ったものなんです。「工学部の中でも忙しい方の学科だ」と言われますから、決して楽な道のりではありませんが、広い範囲の研究を経験することで、複数の研究の「手触り感」を習得できるのは一生ものの重要な体験ではないかと考えています。

Q. 「手触り感」とはどのようなものですか？

本を読むだけでは分からない、研究を進める上でのノウハウのようなものではないでしょうか。たとえば、第七研究室の満洲邦彦先生は、医学部出身で、生体と機械の融合について研究されています（詳しくは Ttime! vol.22

参照）。生物を研究対象とする上で、マウスをどうやって扱えばいいか、細胞はどうやって培養するかといったことは教科書を読んだだけでは分からない。研究室に入って、研究の一端に触れてみて初めて分かることなのです。このような多様な経験を通じて、研究の楽しさを知ってもらいたいですね。

好きなことをそのまま研究にしまった嵯峨山教授。研究の話をしているときは本当に楽しそうで、今回のインタビューでは何と3時間も語っていただきました。自動作曲システムなど、成果の一部はウェブサイトでも公開されているので、興味を持った人はぜひアクセスしてみてください！

★ウェブサイト：<http://hil.tu-tokyo.ac.jp/>（インタビューア 松本 理恵）

## 2 | 数学からものづくりへ、ものづくりから数学へ

### 2 | 数学からものづくりへ、ものづくりから数学へ

工学部にはものづくりだけでなく理論の研究を行っている研究室が多く存在します。その中で、ものづくりにおいて共通の基盤となる理論を研究しているのが室田一雄教授の研究室。計数工学特集の2人目は室田先生に理論研究の魅力、さらには工学部の学生に必要とされる数学の見方、学び方などについて伺いました。

Q. 先生の研究テーマについて教えてください。

私は最適化という分野を研究しています。最適化とは、ある目的に対して最も効率や性能、コストの面で最適なものを見つけ出すことです。

具体的には現実の現象を数学的に説

明するためにモデルを作ります。そして作ったモデルの上で、さまざまなアルゴリズムを試します。この過程を経て、最適なものを探します。

別の言葉で言うと、ものづくりのロジックを作るということです。例えば、新幹線も時代とともに形が変わってい

るでしょう。性能やコストの面でより最適な形に近づいているのです。

Q. その研究の魅力は何ですか？

全く別のものが同一の数学的構造を持っているということを見つけられるという点です。実際に、新幹線を設計している人と自動車を設計している人

が全く同じ数式を解いていたりすることがあります。

最適化は数学の世界だけに閉じていないのが面白いのです。数学だと論理を積み重ねてその美しさを吟味しますが、最適化を含む数理工学の分野では数学とものごとが互いに結びついているのです。私は純粋数学も好きなのですが（笑）。

**Q. なぜその研究を始めようと思ったのですか？**

数学を軸としていろいろな物を横断的に理解して道具を作っていくという考えは私が学生の時代では非常に新しい考えでした。そして私はその考えに共感したのです。

それ以前は、ものは独立に扱われていて、ものとももの関係はあまり強調されてきませんでした。実は私が学生のころは最適化という名前の授業はなかったのです。

**Q. 理論分野の研究は時代や環境に左右されないのですか？**

時代や環境によって研究姿勢に違いがあります。

昔はデータを収集することが大変でした。農学などを思い浮かべるとわかりやすいのですが、新しいことをして、結果が出るまでに長い月日がかかります。それ故にデータを収集する前によくモデルを考えることが重要でした。

一方で、現代ではインターネットや情報機器によって大量のデータが迅速、容易、かつ安価に集まります。それ故に現代ではとりあえずデータを集めて、後からモデルを考えるという傾向が強くなったように感じます。

**Q. 理論系の研究室の特徴を教えてください。**

## 行列のイメージ

数学の教科書

工学の問題

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 0 & 3 & 2 \end{pmatrix}$$

白いところは0 ⇒  
大規模・疎行列

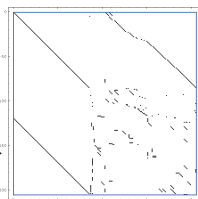


図1 工学で扱う行列がどんなものであるかというのを示している。

一つの研究テーマに取り組む期間が長いということです。ものの研究であれば20年前の業績などは時代遅れになるのかもしれませんが、私たちの研究室で扱うような分野ではずいぶんと昔の知識や業績が、いまなお現役で使われています。

私たちは比較的、基本的な分野に興味があり、アイデアが出てからそれを形にするまでに5～10年かかります。工学部の研究室なので工学的な価値観を持っていますが、研究成果は数学的な理論が多いです。

工学とは「ものを作る」ことだけだと思われがちですが、「ものの見方を作る」ことも工学だと思います。

**Q. 理論研究はどのように社会に価値を提供しているのですか？**

グーグルなどの検索エンジンを例に出しますが、先に述べたとおり現代では膨大な情報があふれています。グーグルはそれらの情報の中から使える部分を取り出してユーザーに提供することで、会社として成功しました。彼らはものを作っていませんが、価値を提供しています。社会に価値を提供するする手段はものづくりだけではありません。

**Q. 計数工学科にはどんな学生に来て欲しいですか？**

高校の時に数学が好きだった人です。高校の時は数学が好きで得意であっても大学の数学で戸惑ってしまった人も少なくはないでしょう。数学は本来、物理などと密接で現象と非常に近かったのです。しかし数学がどんどん進化した結果、抽象的になり「きれい」になってしまいました。その結果わかりにくくなってしまったのです。

私たちの研究や計数工学科では現象と数学の関係を扱いますので、高校の数学が好きで、現象と数学の関係に興味があるという人に向いています。実際にそのような学生が計数工学科に進学してきます。

**Q. 数学の勉強の仕方について教えてください。**

「犬を定義してください」と言われたらどう答えますか？（笑）おそらくうまく答えられないでしょう。私たちは犬の定義はよくわかりませんが、犬



室田一雄教授  
情報理工学系研究科数理情報学専攻  
計数工学科

や猫などの動物をたくさん見るうちに何が犬で何が犬でないかということがわかるようになるのです。

線形代数※についても同じです。現実に対応する行列をたくさん見ること、対称行列※や固有値の意味がわかってくるのです。定義というのは経験や現実から昇華してできた結晶みたいなものなので、最初からそれを学び、意味を掴み取るのは難しいと思います。

例えば、工学ではどんな行列を扱うか知っていますか？

実際に工学で扱う行列は数学の教科書に載っているような行列とは違います。（図1）

工学ではとても大規模な行列を扱います。数学の教科書に出てくるような3×3行列や4×4行列だけを考えてはだめなのです。このように実際にどんな行列を扱うかも考えながら勉強するとよいと思います。

**Q. 学生へのメッセージをお願いします。**

若いうちに自分にとって何が大事であるかと判断できる軸を築くとよいと思います。私はこれを「美的感覚」と呼んでいますが、美的感覚があれば自分の進む道がはっきりします。

自分が一番自由に勉強していたのが駒場時代でした。特に駒場生の皆さんは分野などにとらわれず幅広く自由に勉強して欲しいと思います。

（インタビューア 郷原 浩之）

※線形代数：大学1年生が勉強する内容、ベクトルや行列など多次元の問題を解くために用いられる。  
※対称行列、固有値…線形代数で登場する重要な概念。



### 3 | 学生座談会 ～ 計数って何? ～

計数工学科に入るとどんな勉強ができるのでしょうか? 座談会形式で4人の学生に生の声を聞いてみました。「計数」という名前を聞いただけでは掴みにくい、学科の内容を詳しく紹介します。

**Q. 計数工学科の授業はどんな内容で行われていますか?**

**高松(数):** 学科の中に数理とシステムという2つの括りがあり、数理は理論、システムはものづくりが専門です。学部での授業では両方の分野を幅広く学びます。  
**北野(数):** 難易度が高く評価も厳しいものが多いです。

**南澤(シ):** 学科の方針として「浅くなく広く」を目指しているので、学生にとっては少し大変です。ただ院生になって専門性を高める時、学部生時代に勉強した広い知識が役立っていると実感しています。

**北野(数):** 授業の内容について言うと、学部3年では演習で数学や物理の問題を解き、実験でものづくりをしました。

**山口(シ):** 完全に卒業論文に集中できるのは4年生の後期ですよね。

**南澤(シ):** 4年生で2つの研究室に2か月ずつ仮配属され、この間に卒論や大学院で行きたい研究室の希望が固まってきます。多いのは、仮配属、卒論、院と全て別の研究室を選ぶパターンです。

**Q. どんな研究をしているのですか?**

**高松(数):** 最適化を扱う研究室にいて、私は電気回路を一番簡単な式で表すアルゴリズムを研究しています。理論的に示して良い実験結果も出ると本当に嬉しいですね。修士1年で研究の面白さに目覚めて、博士進学を決めました。

**南澤(シ):** 私の研究室はバーチャルリ

アリティが専門で、私自身は触覚を作り出して人間にフィードバックする研究をしています。修士1年の夏に経験した大きな展示会が研究に対する着火点になりました。先輩のプロジェクトの手伝いや本番でのブース見学を通して、どこに発展の芽があるのか考えるきっかけを得ました。面白さと学問的な意義が両方あるのが魅力です。またチームで作り上げる過程も醍醐味です。展示会前はみんな連日泊まり込みで作業しましたよ。ベンチャーと共同研究もしています。

**山口(シ):** 私の研究室でも、人間の感覚を応用するプロジェクト単位の研究が行われています。

**高松(数):** 数理は対照的です。個人作業が基本なので。

**北野(数):** そうですね。パソコンと紙と鉛筆があればどこでもできます。4年夏のチーム課題が数理の学生にとっては最後のプロジェクトなので、頑張りました。

**Q. 計数工学科を選んだ経緯を教えてください。**

**山口(シ):** ものづくりを行いつつ広い分野を扱いたいと思って選びました。実は物理と数学は苦手でした(笑)。

**南澤(シ):** 物理や数学が得意でなくても一芸に秀でている人はいますね。

**高松(数):** 数理の場合は数学やプログラミングが好きで選んだ人が多いです。



(上中)北野美紗さん：学部4年、数理  
(下左から)山口耕平さん：学部4年、システム  
南澤孝太さん：博士2年、システム  
高松瑞代さん：博士2年、数理  
(上左)千葉、(上右)毛井：広報アシスタント

私は、実学としての数学に興味があったので数学科ではなくここにしました。

**Q. 最後に、計数工学科に興味がある学生にメッセージをお願いします。**

**北野(数):** 真剣に勉強したい人には向いていますね。課題に一つ一つ取り組むことで確実に力が付きます。

**高松(数):** 社会で未解決の問題を解きたいと思っている人にはお勧めです。解決のためのツールは一通り身に付けられます。

**南澤(シ):** そしてツールを生かして何か新しいことをやりたい人にも向いています。扱う領域が広く、気概のある人には無限の可能性が広がっているのが計数工学科です。

数理とシステムで研究内容も雰囲気も大分違うようです。得意分野を活かせる道、漠然と面白い道を探している人は、計数工学科を目指してみてもいいでしょうか?

(インタビューア 千葉 安佐子)

### 広報室から

#### 編集後記

Ttime! 第28号をお送りします。今回は、計数工学科のアクティビティを中心に取材しました。

「計数」という名前は、他の、機械、建築、物理などの学科と違い、名前から研究内容が想像し難い、という点があると思います。「計数」という名前は、「計測」と「数理」という2つの名前に由来しています。計数工学科は、この由来に対応して、現象の本質をモデル化し問題解決手法を創り出す「数理情報工学コース」と実世界を正しく認識し望みの機能を実現する「システム情報工学コース」という互いに相補的な関係にある2つのコースをもち、数学と物理をベースに情報の概念や情報技術を加え、電気・機械・材料といった個別対象分野に依存しない「普遍的な概念や原理の提案および系統的な方法論の提供」を目指しています(詳しくは、<http://www.keisu.t.u-tokyo.ac.jp/index.html> をご覧ください)。本号で、計数工学科の面白さの一端を感じていただければと思います。



最後に、お忙しい中取材にご協力頂いた皆様に感謝致します。有難うございました。

(牧野 和久)

#### (広報アシスタント)

松本 理恵、坂田 修一、塩野 拓、千葉安佐子、北野 美紗、郷原 浩之、毛井 意子、河野 健、竹岡 英樹

#### (広報室)

牧野和久(情報理工学系数理情報学専攻)

大久保達也(広報室長・工学系化学システム工学専攻)

# Ttime!

平成20年12月25日発行

編集・発行 | 東京大学  
工学部広報室

無断転載厳禁