

# 探検隊 大 学

見たい！  
知りたい！

現象の本質をモデル化し、問題解決の  
数理的・科学的手法を創造する問題解決学！

探検  
大学

東京大学 生産技術研究所 数理生命情報学研究室  
首都大学東京 都市教養学部 経営学系 芝田ゼミ

日本初の理系宰相誕生！ わが国の内閣制度が創設されたのは125年前、総理大臣は93代を数えるが、今まで理系出身者が1人もいなかったというのも不思議といえは不思議だ。では、理系第1号総理の鳩山由紀夫氏は何を学び、研究してきたのだろうか。「数理工学」と「オペレーションズ・リサーチ(OR)」——。どんな学問なのか、ちょっと探検してみよう。

取材・文／浅松須磨夫 撮影／浅野 剛

## 理系総理が 愛した学問！

第93代総理大臣の鳩山由紀夫氏は、曾祖父に衆院議長を務めた和夫氏、祖父に第52〜54代総理の一郎氏、父に元外相の威一郎氏を持つ政界のサラブレッドだが、ここでの関心事は政治家になる前、鳩山氏が何を学び、どんな研究をしていたかだ。ちょっとその「学歴」をチェックしてみよう。

鳩山氏は東京大学工学部応用物理・計数工学科で「数理工学」を修めアメリカに留学、スタンフォード大学の博士課程で「オペレーションズ・リサーチ(OR)」を専攻してPh.Dを取得している。帰国後は東京工業大学助手を経て専修大学経営学部助教授に就任した——。

「数理工学」と「オペレーションズ・リサーチ」——。どちらもあまりなじみの

ない学問名だ。いったい何を、どのように研究する学問なのだろう。

「鳩山さんは東大時代、数理工学を学び、『ホメオスタシス(生命体の恒常性維持機能)』をテーマとした卒業論文を書かれたそうです。一方、彼がアメリカで専攻したというORは、数理工学の重要な一分野と位置づけられています」

こう語るのは、今回取材にご協力いただいた、東京大学生産技術研究所の合原一幸教授。数理工学の最先端分野、カオス工学の手法を駆使した複雑系研究の第一人者だ。その合原教授は、数理工学にまつわるこんな「秘話」も教えてくれた。

「第二次大戦後、GHQによって東京大学の航空学科が廃止されました。その後、航空学科で数理的研究に取り組んでいた先生方が中核となり、誕生したのが数理工学。つまりこの学問の発祥地は日本なのです」

そうか、数理工学は日本生まれの学問だったのか。

**現象をモデル化し  
問題解決手法を創造**

数理工学は、世の中のさまざまな現象の本質をモデル化し、数学や物理などを駆使して、問題解決のための数理的・科学的的手法を創造する学問だといわれる。



一方のORは、合原教授が言うように、数理工学の重要な一分野で、例えば企業や政府などの組織体がさまざまなプロジェクトを推進する際、計画の立案、実施、管理が最も効率的に進むよう、数学的・統計的モデルを使って、意思決定を支援する「問題解決学」だ。

数理工学はもともと工学の一分野としてスタートした学問だが、工学的現象に

限らず、数理モデルとして抽象化できる現象はすべて研究対象となるから、研究テーマは拡大の一途をたどっている。今回、首都大学東京都市教養学部芝田隆志准教授のゼミにも取材に伺ったが、ここで履修している「金融工学」もその一つといっている。

「軍隊など組織の運用に関する学問としてイギリスで生まれ、戦後のアメリカで大きく発展したのがORです。そのORを広い意味で捉えた学問が数理工学と理解すればいいでしょう。いずれも数理モデルを使って問題解決の手法を導き出す学問ですから。ええ、金融工学の研究も、金融（お金の流れ）に関する諸現象を数理モデル化するところから始まります」（芝田准教授）

**日本の数学者が金融工学の基礎理論を確立！**

金融工学といえば、サブプライムローンの証券化などデリバティブ（金融派生商品）を開発してきたことでも知られ、一時期、一昨年初以降の世界金融危機に深い関わりを持つと、やり玉に挙げられたこともある学問だ。

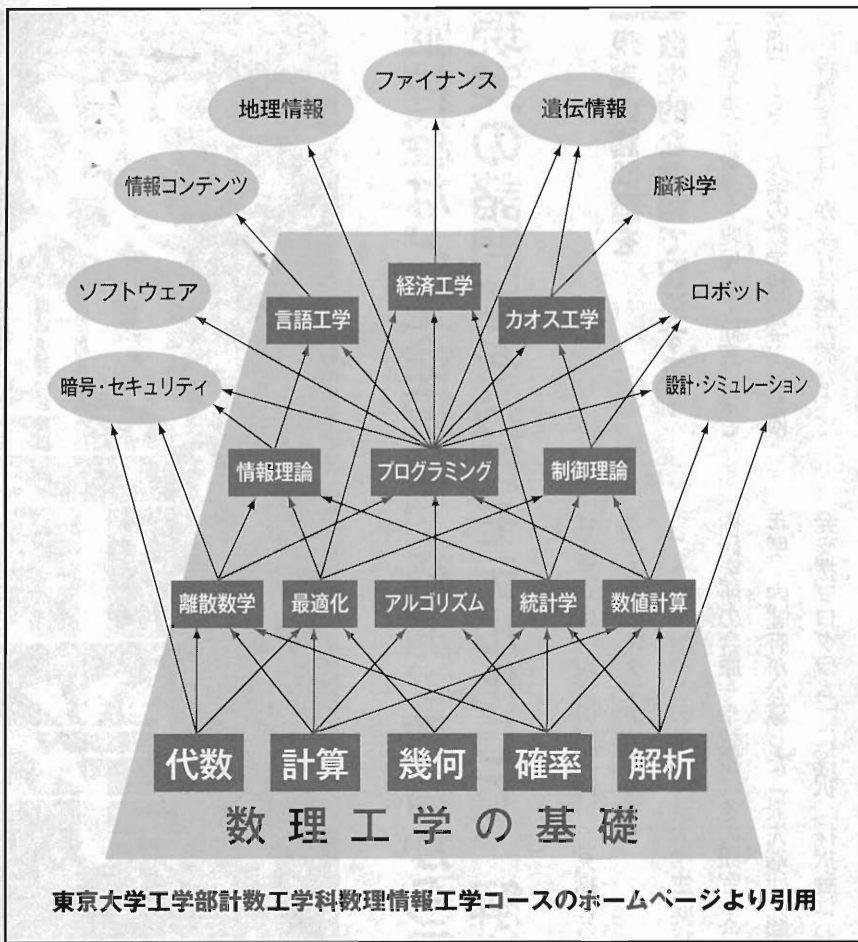
「金融工学は本来、金融の動きの中で生まれるリスク、つまり不確実性をいかに

最小化するか、というテーマの下で発展したもので、そのリスクの読みを間違えたために、金融危機が起こってしまったわけですね。分析対象の評価・判定法をさらに精緻化すること。これが金融工学の今後の大きな課題といえるでしょう」

金融に限らず、世界が多様化・複雑化すればするほど不確実性は高まっていく。リスクとどう付き合っていくかは、いわば永遠のテーマ。であり、その意味で金融工学の果たす役割はますます重要になってくる。そう指摘した上で、芝田准教授は次のようにも語っている。

「日本は金融工学の発展に2つの面で寄与したといわれています。1つは、江戸時代に大阪・堂島が始まったコメの先物取引。実はこれが世界初のデリバティブ市場なのです。もう1つは、伊藤清教授が1942年に確立した確率微分方程式。金融工学はこの確率微分方程式を基礎に構築されているのです」

なんと数理工学だけでなく、金融工学も日本と深く関係していた！ 日本初の理系宰相が数理工学やORを選んだことも、何だかうなずけたりもする。それでは早速、合原教授の数理生命情報学研究室、芝田准教授のゼミに足を運んでみることにしよう。



東京大学工学部計数工学科数理情報工学コースのホームページより引用

# 数理工学

東京大学生産技術研究所  
数理生命情報学研究室

脳神経など生命現象、経済、教育から風の揺らぎまで——。現実の諸問題を数理モデル化して、解決の道筋を示す

## 現実の諸問題を

### 数学的な言語で記述する！

「数理工学は数学を駆使して研究に挑む学問ですが、大学の数学科で学ぶいわゆる純粋数学とは、かなり性格が異なっています。純粋数学は、数学の世界の中でロジックを深く掘り下げていく学問であり、基本的に現実の世界とはダイレクトに関係しません。それに対し、数理工学



合原一幸教授

は、まずは「現実の諸問題」を見据えるところからスタートするのです」

こう語り始めたのは、東京大学生産技術研究所の合原一幸教授。その研究が今年度、内閣府が公募した「最先端研究開発支援プログラム」に採択（採択者はわずか30名）され、過去には爆笑問題がMCを務めるNHKの学術系番組「爆問学問」の出演歴もある、この分野の第一人者だ。

「狭い意味での私の専門はカオス工学。学生時代にヤリイカの神経の振る舞いの中にあるカオスを発見しました」  
ちなみにカオスとは、大ざっぱに言うと「不規則な振る舞いだが、きちんとしたルールに則って動いている現象」のこ

とらしい。

「いや、小学生にも理解できる非常に簡単なことなんです。爆笑問題さんが来られた時もこれについてお話ししました」

と云いつつ、カオスについて語り始めた合原教授だが、その際「太田光さんから『理解できる小学生がいるなら連れてこい！』とどなられた（笑）」とのこと。理解力が太田氏と大差ないと思われる方も、敬遠しておいた方がよさそうだ。

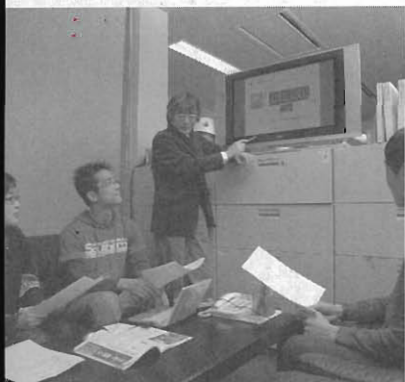
ということで、現実のさまざまな問題を数学の世界に取り込み解決する数理工学——。現実の問題を数学ワールドに移し替えるには「道具」が必要で、それが「数理モデル」と呼ばれる数式だ。数理モデルとは、例えば高校物理で学ぶ

「物の落下」などで登場する微分方程式。問題に関わるさまざまな要素や条件を考慮しなければならぬため、対象によっては高校レベルのそれとは比較にならないほど複雑な形となるわけだが……。

「つまり数理モデルとは、現実の諸問題を数学的に記述する一種の『言語』。現実の問題を数理モデルに写し替えたり、あとは数学的に突き詰めて解決したり予測したりしていく、という研究です」

数理モデルを作ることさえできれば、どんな現象でも扱えるわけだから、研究対象は多岐にわたる。

「1952年、ホジキンとハックスレーの研究者コンビが、ニューロン（脳の神経細胞）の振る舞いを表す微分方程式を作り出し、ノーベル生理学・医学賞を受賞しました。微分方程式を作って生理学・医学賞を受賞したのはこの研究だけでしょう（笑）」



にこやかな表情で研究室のメンバーと語り合う合原教授。

また実験を伴わない学問なので、大規模な研究施設・設備も必要ない。この学問に欠かせないのは、数理モデルを作り解析するための紙と鉛筆とコンピュータ、そしてこれが最も重要なのだが、研究者の発想・思考力だ。

## SARS、新型インフルエンザから前立腺がんの新治療法まで

合原教授が主宰する研究室の研究対象は、その名のとおり、脳神経をはじめとする生命情報システムで、さまざまな病気など人体に関わる研究にも取り組んでいる。おそらくこれは、教授自身が学生時代に挑んだ研究からの流れなのだろう。

「人間の脳は約一千億のニューロンから作られています。それらが互いに密につながって働いているわけですが、その全部の働きを実験で調べることはできません。そこで1個のつながり方や働きに関して詳しく調べ、それを数理モデル化することで多数のニューロンの情報処理の

仕組みを理論的に解明する研究が重要になるのです」

それでは、近年の研究の中から興味深いものを紹介していただく。

「7年前、新型肺炎とも呼ばれるSARS（重症急性呼吸器症候群）が国内に入ってくるか否か取り沙汰された頃には、『満員電車が感染症の伝播に与える影響』について研究しました。実はこれ、私自身の生活にも深く関わる研究だったので

私の通勤電車には、成田空港に到着した直後の乗客が大勢乗っておられます。それで、SARSが上陸した時、真っ先に感染するのは自分じゃないか!? という思いに駆られて……（笑）」

なるほど、気持ちはわかる！ しかし合原教授、このコメントからも推測できるが、第一線の研究者ながらユーモアセンスあふれる、気の置けないお人柄のようだ。

昨年6月には現在も騒がれ、受験生にとつても他人事でない「新型インフルエンザ」に関する研究に挑んだ。

「その時点で日本には5000万人分のワクチン生産能力があったのですが、それを新型と従来の季節型のインフルエンザにどう振り分けるか、という研究です」  
新型・季節型インフルエンザとも、健

常者が感染して、治癒したり亡くなったりする過程についての微分方程式を作ることが出来る。そこでそれを使い、数理工学的に「総死亡者数を最小にする」振り分け方を割り出したのだという。

「研究では新型に約4000万人分、季節型に約1000万人分という結果が出ました。実際にはそんな配分にはならなかったのですが」

そしてここ数年、最も力を入れているのが日本でも死亡率が高まりつつある「前立腺がん」の治療法に関する研究だ。前立腺がんは男性ホルモンの影響を強く受ける病で、男性ホルモンを薬で抑えるホルモン療法が効果的とされている。この療法で一応、がん細胞数を減少させることができるが、長く続けていると、新たな厄介ながん細胞が生まれ増殖してしまふこともある。病が環境に順応してしまふわけだ。そこで、折々で薬の投与をストップする「間欠療法」を行う。

「我々はこの『間欠療法』に関して、カナダのブリティッシュ・コロンビア大学との共同研究で、投薬をどのようによトップし再開するか、を数理工学的に割り出しました。これを1人ひとりの患者に適用して数理モデルを作れば、個々の患者に最適のオーダーメイドの間欠療法

が可能になるわけです。医療における数理モデルの有効性を強く示せた研究だと自負しています」

## デイスカッションは厳しく そのほかはどこまでも自由に!

現在、合原教授の研究室のメンバーは37名。大半は大学院生だが、卒業論文に取り組んでいる学部生が5名、また海外からの留学生も7名在籍する、国際色豊かな大所帯だ。

「私の教育方針は、自分の一番興味のある研究をしなさい……。こちらが研究テーマを押しつけることはなく、数理モデルが作れそうなテーマなら何でも許容します。経済や教育、進化、さらには風の揺らぎやフルートの指使いに関して数理工学的にアプローチする大学院生もいて（笑）、テーマは実に多彩ですね」

研究室全体のゼミ（すべて英語で行われる！）は週1回。このほか、研究に限らず、日常的な問題などさまざまな相談事を持ち込めるフリートーク・タイムが、やはり週1回設定されている。

「デイスカッションはどこまでも厳しく、そのほかは放任主義で、どこまでも自由に。できる学生は放ったらかしにしておいた方が伸びていく。私はそう考えてい

ます」

そんな合原教授に読者へのメッセージをお願いすると、まず一言、「夢は持ち続けなさい」という力強い言葉があり、次に2年前に体験した、とっておきのエピソードも披露してくれた。

超進学校のラ・サール高校から東京大学へ進学し、この分野に踏み込んだ。数学エリート、の合原教授だが、少年時代の夢は意外にも昆虫学者になることだったとか。そして数理工学の一線級研究者ながら、つい数年前まで周囲には「将来の夢は昆虫学者！」と公言していた（この辺が合原教授らしい！）のだという。

「2年前、カナダでの前立腺がんの共同研究のついでに、カナダで開かれた神経行動学に関する国際学会に参加してみたい驚きました。この学会の最先端の研究は、昆虫の脳や神経に関するものも含んでいて、私が今、取り組んでいる研究とほとんど同じ内容だったのです。つまり、私の夢はすでにかなっていた！ それに気づいたわけです。

皆さんも、何らかの理由で希望する大学や学部・学科に進めなかったとしても、夢だけは持ち続けること。そうすれば、私のように、ある日、意外な形でそれがかなうこともあるわけですから」

## 研究室の声

### どんな指使いが一番演奏しやすいか!?



澤井賢二さん（博士課程2年）

最初は数学科への進学も考えましたが、世の中に役立つ数学をやりたいだったので、この研究室に入りました。私の趣味は音楽で、現在は「フルートの指使い」について研究しています。フルートは同じ音を出すのに、何種類かの指の押さえ方がある楽器ですが、どんな指使いを選択すれば最も演奏しやすいか。それを数理工学的に解明する研究に取り組んでいるわけです。

合原先生は非常に大らかで、我々学生は自由に研究をやらせてもらえます。でもその一方、研究に関しては、悩む部分が研究」というポリシーをお持ちのようで、安易に解決法を示されるわけではありません。メリハリの利いた先生、というイメージですね。

### 数理工学を教育システムに応用しています



在家ハルさん（博士課程3年）

ある企業で、主に教育システムの開発に携わっていますが、学びの根本にあるのは、やはり学ぶ人のモチベーションだと思うんです。どんな環境・きっかけで、そのモチベーションが最適の形で生まれるか。それを突き詰めてきたり着いたのが、合原先生だったのです。現実の事象をさまざまに数式を使って抽象化し、より汎用的なところまで持っていける。それが数理工学の大きな魅力ですね。

研究生の自由度を最大限認めてくださる先生ですが、ポイントの部分はとても注意深く見ておられます。危ない方向に行きそうになると、すぐに「あ、ちょっと」と来ますから。なんか、手の平の上で転がされている、感じですね。

### 理論神経科学では日本トップの研究室です!



奥牧人さん（博士課程2年）

高校の頃から人間の脳に興味があり、迷うことなくこの研究室を選択しました。合原研究室は、理論神経科学の分野では、日本のトップに君臨する研究室なんですよ。ただ、もともと私は数学があまり得意ではないので、初めのうちはかなり苦労しました。ゼミに参加しても飛び交う言葉がピンカンピンで（笑）。でもまあ、やっているうちに何とか慣れることができました。そして数学がわかるにつれ、数理工学全般への興味も高まってきました。

研究室はどこまでも自由でオープンなムード。また合原先生はすごく気さくな方で、誰にでも分け隔てなく接してくださいます。掛け値なしで尊敬できる先生だと思っていますね。