

理工学部経営システム工学科／応用最適化研究室  
オペレーションズ・リサーチ、数理最適化、金融最適化

# 後藤 順哉 准教授

【プロフィール】 後藤 順哉（ごとう じゅんや）▷1973年、静岡県生まれ。1992年、静岡県立静岡高等学校普通科卒業。1996年、東京工業大学工学部社会工学科卒業。1998年、東京工業大学大学院社会理工学研究科博士前期課程経営工学専攻修了。2001年、同大学院社会理工学研究科博士後期課程経営工学専攻修了。2000年から2001年まで日本学術振興会特別研究員DC2（東京工業大学社会理工学研究科）。筑波大学システム情報学研究科講師等を経て2007年より中央大学理工学部准教授。専門はオペレーションズ・リサーチ、数理最適化、金融最適化。著書に「Excelで学ぶOR」（共著、オーム社）など。



## 応用数学のスキルをもとに、 社会におけるさまざまな課題を 効率よく合理的に解決する

電車やバスなどを使ってどこかに向かう時、多くの人々が利用するインターネットの路線検索。出発地と到着地、出発時間や到着時間を入力して検索すると結果が表示され、利用者はその中から、もっとも早く着く、交通費を抑える、乗換回数が少ないなど、ニーズに合わせてルートを選んで行動することができます。今や多くの人々が利用しているこうした技術の基盤となっているのが、オペレーションズ・リサーチ（OR）の手法の1つ、“最適化”です。「最適化という言葉は耳慣れないでしょうが、実は高校数学にも少し出てきているんですよ」と語るORや最適化の専門家、後藤先生にお話を伺いました。

### ヒトやモノ、カネ、情報を 効率よく運用するための応用数学

まずORについてご説明しましょう、と先生は話し始めました。「ORとは、ヒトやモノ、カネ、情報を効率よく運用していくための、予測や決定、評価を数理的・定量的に行う方法論です」先生によると、もとは第二次世界大戦時、ロンドンの防空作戦におけるレーダー運用計画の立案に際して発祥したものとのこと。その後アメリカに伝わり、やはり第二次世界大戦を背景に、合理的かつ科学的な攻撃や物資調達・輸送の計画を立てる中で発達していきました。終戦後は応用数学の1分野として確立し、冒頭に紹介した最適化を始め、“待ち行列”“動的計画法”といったさまざまな手法が提唱されていったそうです。

高校数学でもORの領域に少し触れるものが登場するんですよ、と先生は数式が書かれたスライドをパソコンの画面に表示させました。「例えば、“ $2x + y \geq 4, y - x \leq 4, 3x - y \leq 6$  のとき、 $x + 2y$  の最大値、最小値とそのときの  $x, y$  の値を求めよ” という問いがあったとします。これはORの手法の1つ、最適化（線形計画法）の問題としてとらえられる。最適化問題とは、基本的にはある制約を前提に、条件を満たす  $x$  と  $y$  の値の中で、特定の目的に対してある関数をどこまで大きくできるか、またはどこまで小さくできるか、という枠組みなのです」皆さんも、



▲先生の共著。Excelを活用してORの基本から応用まで学べる本。大学でORを学ぶ際に役立つ情報が充実している。

数学の教科書や参考書などでこのような問題を目にしたことがあるのではないのでしょうか。つまり多くの方は、意識したことはなくても、ORの問題に取り組んだ経験があるのです。大学で学ぶ専門分野と聞くとハードルが高そうだと先入観を抱いてしまいがちですが、先生のお話を聞いているとその内容にぐっと親しみがわいてきます。

### 実社会で向き合う課題も ORで解決できる

「ORの特徴の1つに、“解決を目指す課題を数理問題としてモデル化する”ということがあります」と先生はお話を続けます。「先ほど紹介した路線検索では、“ $s$  地点を出発して  $t$  地点に最短で到達するルートを求める”とモデル化する。そしてその上で、問題の目的や制約となる条件を数式やグラフを使って定式化し、解を求めます」

実際の生活の中で向き合うテーマにもORが活用できますよ、と先生が例示したのが“研究室配属問題”。中央大学の理工学部では、学生は4年生に進級する前にどの研究室への配属を希望するか調査票に記入し、提出します。研究室はそれぞれ特色ある研究を展開していますから、各研究室の専門と学生の志向とをなるべくマッチさせたい。一方で、可能な限り研究室間の所属学生数にムラが生じないようにすることが望ましい。また、それまでがんばって勉強し好成績を獲得してきた学生に対してはその努力に報いたい。このようにこのテーマにはいろいろな制約があり、要素が複雑に干渉し合います。皆さんならばどのように解決しますか？

これをモデル化すると、例えばこのようになります、と先生はスライドの画面を切り替えました。

すべての学生から研究室希望調査票（第一から第三希望まで記入）を回収した。

- すべての学生がどれか1つの研究室に所属し、どの研究室も定員をオーバーしない
- 学生の満足度を最大するように研究室配属を決めたい

- $m$  個の研究室、 $n$  人の学生
- 研究室  $i$  の定員は  $a_i$
- 学生の満足度を、すべての学生の得点の合計とする
  - ・ 第一希望の研究室に所属した時は 70 点、
  - ・ 第二希望の時は 30 点、第三希望の時は 0 点
  - ・ 第三希望までの研究室に入らなければ -100 万点

「このモデルでは“学生全員の満足度を最大にする”ことを目的としています。この他、“満足度が最大の学生と、最小の学生との間の差を小さくする”とか“満足度が最小の学生の、満足度を可能な限り大きくする”といった目的を設定して解を求めることもできます」ORは、多くの人が利用するシステムから身近な事柄まで、幅広いテーマに合理的な解決策を提示してくれることがわかります。

## 不確実性を伴うケースにおける最適化の手法を探る

現在、先生が取り組んでいるのが“不確実性を伴う最適化問題の応用”。このテーマについて先生は“資産運用”や“機械学習”などを取り上げて研究しています。「資産運用についてお話しすると、資産を運用する際に投資対象となる金融商品には株や投資信託などがあります。こうした金融商品をどのように組み合わせ、それぞれにどれだけのお金を投資するかを、最適化の手法で考えていきます」資産運用は多くの場合、リターン（収益）を大きくしてリスク（不確実性や、それに伴って生じる損失）を小さくするという2つの目的を同時に達成する基準で金融商品の組み合わせを決定します。しかし、金融商品はその時々々の経済状況などにより価値が変動するもので、過去に上がった実績があるからとそのデータを組み込んでも、将来についての的確な最適化が行えるとは限りません。こうした不確実性ははらむものについて、将来における最適化を図る方法に興味を抱いている、と先生は語ります。

「機械学習とは、コンピュータやロボットなどの機械に、人間のよう物事の概念や行動などの学習をさせる、というものです。近年、将棋でコンピュータとプロ棋士との対戦がよく行われていますが、あれも機械学習によるものです。将棋の場合は、コンピュータは過去の棋譜（対局の手順）を学習しており、それをもとに最適と



▲先生はスライドを活用して講義を展開する。スライドは要点が明快にまとめられ、わかりやすい。

判断される手を指していきます。しかしこれも資産運用と同様、過去に最適だった解が今回も最適とは限りません。過去のデータをどの程度活用し、モデルにどのような制約を設け

るか。そうしたことを研究し、予測のための最適化手法の性能向上を図っています」資産運用とある種の機械学習はいずれも最適化の問題として解釈できるが、共通している部分がある一方で異なる部分もある。それを相互に当てはめてみると新たに見えてくるものがあるのではないかと考えている、と先生は目を輝かせます。

## ORは総合格闘技!? 数学力+洞察力、根気も必要

先生が研究室に所属している学生に課すルールは1つ。“OR的なアプローチで研究して卒業論文を仕上げる”ことだそうです。「テーマは自由。自分が決めたテーマについて柔軟にモデル化できる力、またそれに対応できる数理的な知識と技術を身に付けてほしいと考えています」学部の4年を修了したら就職する学生も多いため、社会で実践的に活用できるORスキルを習得させることを目指している、と先生は言います。

数学に自信がある、数学が好き、という学生もよく訪れるとのこと。けれどそこには思い違いがある、と先生は指摘します。「数学の1分野なのだから明確な答えがある、と思い込んでいる。また、類似の問題にばかり取り組んで解法も覚えており、“スムーズに解ける”ことにやりがいを見出している例もあります。けれどこうした傾向のある者がORに向き合った場合、苦勞することになるのではないかと思います」なぜなら、ある課題をORで解く際に“唯一の正解”はないからです。課題をモデル化して解き、その結果をチェックする。条件などの見落としがあったり“より良い解が存在するのでは”と感じた場合はそれを反映した解法で再び解き、チェックする。このように何度もブラッシュアップしてより良い解を見出していく必要があるのです。

「ORはある意味、総合格闘技的な分野だと言うこともできます。数学力だけが高ければいいというものではない。洞察力や粘り強さが必要なのです。そしてそれに発想力が加わったら鬼に金棒ですね。そのためには視野の広さが大切です。折に触れ、身の回りや社会のさまざまなことに興味を持つようにと学生に言っています。ORスキルを武器に、社会でオリジナリティを発揮できる人材を育成することが、教育者としての私の目標です」



▲先生のゼミには、SE志望の学生や、金融、メーカーへの就職を考える学生が多く集まる。

## Message ~受験生に向けて~

経営システム工学科に興味を持たれる方は、“社会ですぐに役立つ”スキルを身に付けようとする傾向があると感じます。けれど、“すぐに役立つもの”は誰もがその価値を認めるので競争が激しい。廃れやすいものもままあります。せつかくこの学科で学ぶのなら、好奇心を旺盛にしているいろいろなものに関心をもってほしい。その一方で、自分の“軸”となる専門分野を定め、難しくて腰を据えて向き合い、確かなスキルを身に付けてほしいと思います。