Navigator

理工学部情報工学科 / 数理最適化研究室
数理工学

髙松 瑞代 准教授

【プロフィール】 髙松 瑞代（たかまつ みずよ）▷1982 年、東京都生まれ。2010 年、東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了。博士（情報理工学）。2010 年より中央大学理工学部情報工学科助教。2013 年より現職。

様々な制約を数学の言葉で記述し、20 万行におよぶ数式を駆使しながら、現実社会の問題を解決に導いていく。

数学と聞くと、私たちの生活とはかけ離れた複雑な数式の世界を思い浮かべてしまいます。しかし、その数式を使いながら、生活を便利に変える数学を究めているのが髙松先生です。社会生活を行なっていくうえでの問題を見つめ、数学的なアプローチでその本質を見極めながら、現実社会の様々な“制約”を数学の理論で解決していく。そしてその先には、何十万行という数式を使って構築された新しいシステムが生まれるのです。それは、ピタゴラスが万物の根源を「数」と主張したような、現実社会における数学の力を改めて感じさせてくれます。数理工学者としての冷静で理知的な視点を武器に、極めて人間的な課題を解決していく髙松先生の研究プロセスをご紹介しましょう。

生活するうえで感じる不便を数学の言葉に変えて解決

髙松先生の数理工学者としてのルーツは「最適化」という専門にあります。そしてそれが、現在の研究につながっています。

「『最適化』とは、様々な制約のもとで、ある目的を定め、その目的を最善の結果に導く答えを見つけることです。

例えば、工場での生産において、原料にかけられるお金に制約がある場合、生産された製品を売った利益を最大化する目的のために、どれだけの原料を買って何を作るべきかの答えを見つけることです」

この場合、目的は「利益の最大化」と分かりやすいのですが、常に目的がはっきりしているというわけではありません。

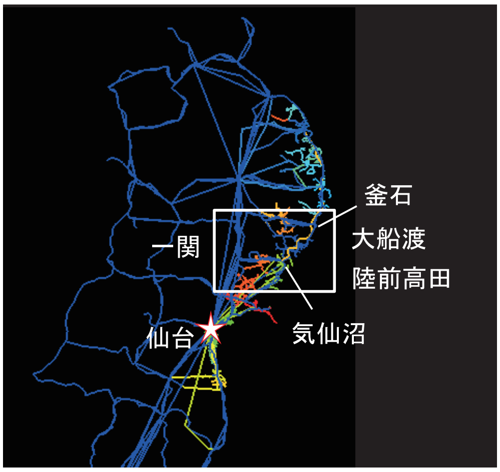
「人が『便利にしてほしい』と言うとき、何をどうしたいか具体的でない場合が多いのです。そこで、その原因は何かを数学の言葉に置き換える必要が生まれます」

現実的な“制約”を表現する難しさ

髙松先生がいま取り組む“鉄道やバスの運行本数が少ない地域（1日約 3 ～ 4 本）の時刻表の設計”では、利用者が不便を感じている原因を抽出するまでが大変でした。

「実在する問題なので、現実的な“制約”がいろいろありました。まず、いま使われている時刻表が大幅に変わるのは利用者が嫌がるので、少しの変更で利便性の向上を目指しました。また、バス停の順番や移動時間も変えることはできません。さらに、駅に降りてバスが停車していない状況を減らすという目標も設定しました。

こうした制約のもとで、一番簡単なのは、乗客の所要時間を最小化する方法です。しかし、例えば移動する人たちが1万人いて1万通りの経路があった場合、全ての経路の所要時間の和をとって最小化すると、1人とても不便な人がいて 9,999 人は便利になるような事態が起きかねない。つまり、どこかが極端に不便になる可能性がありました。このような事態を避け、誰かが犠牲になることのない時刻表の設計を目指しました」



▲白枠内が時刻表作成の際の対象エリア。青色が鉄道で、それ以外はバス路線を示す。「交通の便が悪いために受診を拒否し重症化する」という被災地にとって深刻な実態も指摘されていた。（田口東・中央大学理工学部教授との共同研究）。

数学の理論を現実の問題に役立てるために

不便を感じる原因は、結局は膨大なトライ&エラーを繰り返したうえで探り当てる努力をしない限り分かりません。そこにお決まりの方程式はないのです。

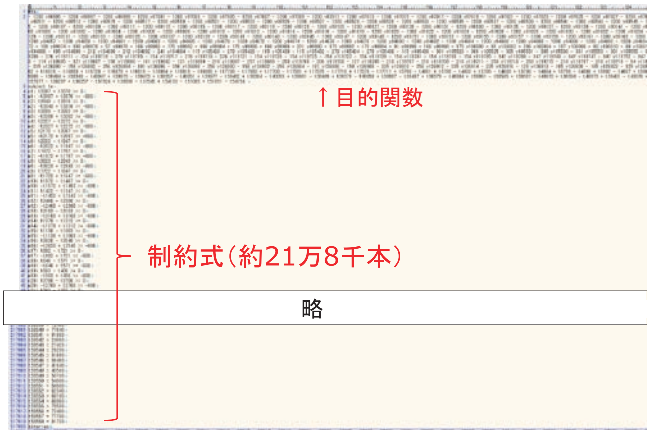
「さまざまな原因を数式に落として分析し検証しました。最終的に“乗り換えの待ち時間の長さ”が不便に感じる原因という結論に達しましたが、一つ一つコンピュータで実験してみないと分からない作業でした。数学的に証明できれば終わる理論的な研究との大きな違いはその点です」

主に理論的な研究を専門としていた先生が、現実の問題に挑み始めたのは、中央大学で田口東教授との共同研究を開始してからです。「最適化を現実社会の問題解決に役立てることができる」というのが、その動機でした。

しかし、もちろんそれを可能にするのは数学の力です。髙松先生が「最適化」に役立つ基礎として 挙げた有名な問題が 2 つあります。

「代表的な最適化問題で、これらの問題に対する考え方は非常に役立つので、授業でも扱っています。

『巡回セールスマン問題』は、例えば点で示された日本の1200 の都市があるとして、その点を全て経由して戻ってきたい場合に、どの経路で回れば最短距離で一周できるか、という問題です。現実的な問題にこの理論を使うと便利なケースがあります。例えば工場で何枚もの電子基盤にドリルで穴をあける場合、ドリルが穴の位置に移動する際の距離を最小化する問題も、巡回セールスマン問題に帰着することができます」



▲時刻表を最適化する問題は、最終的に数式に置き換える。約 21 万 8 千本に及ぶ数理計画問題（混合整数計画問題）。

「最適化」の精度を高めることで、数学がより大きな効果をもたらす

「もう一つが『ナップサック問題』です。ナップサックに物を詰める場合、バナナが好きな人はりんごよりバナナの価値を高くするなど、好き嫌いによって詰める物に価値の差をつけます。ナップサックには重量制限があり、全ての物を詰めることはできません。このとき、どう詰めれば自分の価値を最大化できるかを考えます。

時刻表の作成では、全ての駅で乗換えをよくしようとすると恐らく不便になるので、重要な駅の乗換えをよくするよう駅を選ぶのですが、何を選べば価値を最大化できるか、という点で『ナップサック問題』に似ています」

髙松先生はいま、新たな視点を加えた時刻表のさらなる改善と取り組んでいます。

「バスに一部のバス停を通過させることでもっと利便性を高められないか検討しています。ショートカットによる“急行”の発想ですが、移動時間が短縮される可能性があると考えています」

試行錯誤を繰り返したうえで、まだ改善の余地を探していく。果たして「最適化」にゴールはあるのでしょうか。

「『最適化』は山登りのようなものです。『最適化』の難しい点は、山がたくさんあったときに、この山のてっぺんが一番高いと思っても、実は遠くにもっと高い山があるかもしれないところです。したがって、自分の周りだけ見て「一番これがいい」と思って終わりにしないで、全体のなかで最も高い山に登らないと意味がないのです。もちろんそれは、コンピュータで実証できます」

髙松先生がそのために大切にしているのが“シンプルな考え方”です。

「物事の事象を分析しようと思ったとき、シンプルに捉えて本質的な部分を抽出することを『モデル化』と言いますが、『最適化』をベストに導く際に最も重要なのが、この物事をシンプルに捉えることだと思っています」

実は髙松先生は、これまで培ってきた理論的な研究も続けていく予定です。理論的研究とは、ある問題を解くアルゴリズム（計算手順）を作っていくこと。しかし、その先にはそうした研究成果をソフトウエアにして社会に届けていく可能性も広がります。それは日常生活の問題を「最適化」で解決していく研究と同じ未来を見つめています。

一見、実社会から遠い位置にある数学が、不便を便利に変えていく。そんな新しい数学の世界が、髙松先生の研究室から生まれます。

Message ～受験生に向けて～

大学では、高校時代に学んだ数学をコンピュータと組み合わせることで、研究の世界が一挙に広がります。ゼミでは、例えばバトミントンサークルの学生が「合宿初日にダブルスで対戦した相手と以降は対戦しない」など複雑な制約を踏まえた対戦表を自動作成できるプログラムに挑むなど、日常生活を便利にするために一人ひとり「最適化」の手法を使って取り組んでいます。原書のテキストも読みますが、数式は世界共通語なので小説を読むより遥かに易しく理解できますよ。

注：2013 年取材当時