



研究最前線

意思決定を支援する理論と技法の研究 • Research on Theories and Techniques for Decision Support and their Applications



人と機械が調和する しなやかなシステムの開発

実務の問題を数理モデル化し、最適解を見出す

Development of 'Shinayaka' Systems Making Creative Collaboration between Human and Machine

Building Mathematical Methodology for Finding the Most Satisfactory (Optimal or Appropriate) Solutions Under Given Circumstances

ユン イェブン
◎環境都市工学部 尹 禮分 教授

• Faculty of Environmental and Urban Engineering — Professor *Yeboon Yun*

毎日の買い物から、新型コロナウイルス感染症対策まで、日常生活のあらゆるシーンでどう判断し、行動するかは、さまざまな要素が複雑に絡み合い、私たちを悩ませる。このような諸問題の解決を探すプロセスを数理モデル化し、機械(コンピュータ)によって導かれる答えを検討し、より良い決定を模索する人間を助ける研究が盛んになってきている。都市システム工学科の尹禮分教授は、そのための理論的な手法の開発に取り組む研究者である。

In every aspect of our daily lives, from grocery shopping to dealing with the COVID-19 (novel coronavirus) pandemic, how to make decisions and take actions involves navigating a complex and confusing blend of factors. Recently, there has been an increasing amount of research which aims to help people by investigating mathematical modeling of the processes for finding solutions to these types of problems, examining the answers derived by machines (computers), and searching better decisions. Professor Yeboon Yun of the Department of Civil, Environmental and Applied Systems Engineering is engaged in researching the development of theoretical methods for decision support and their applications.

人間の判断の過程を数理的なかに

— どんな研究をされているのでしょうか？

例えば、大雨で避難勧告を出す時のことを考えてみてください。過去の大雨による被害記録やその時の雨量や、今後の雨量の変化の予測などを総合して、避難のタイミングを判断して勧告を出しますね。そのような、これまで人間が担ってきた複雑な判断の過程を、数理的なモデルに置き換えられないだろうか。そして、その数理的なモデルを用いてプログラムを組み、機械にさまざまなデータを処理させて問題を解き、人間の意思決定を助けるようにする、その理論と方法の開発に取り組んできました。

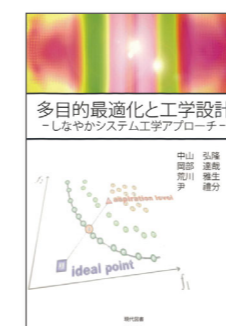
なかでも、私が主に研究してきたのが多目的最適化です。

— 多目的最適化というのは、どのようなものですか？

最適化というのは、何らかの価値基準に照らして、一定の制約の範囲で、最も適した解を見つけることです。例えば買い物で考えると、人はさまざまな思考が働くので、価格は安いほうがいいが、品質は高いほうがいい、となります。この場合、価格と品質が判断基準にあたり、価格なら一番安いのが最適解、品質なら最も良いものが最適解になるでしょう。でも、最も価格が低いものが、最も品質が良いなんてことはなかなかありません。このように、目的関数が複数ある場合を多目的といい、その中で、意思決定者の選好にあう解を見つけるのが多目的最適化です。

— 買い物では、高くても質の良いものが欲しい人もいれば、質より安さだという人もいて、答えは一つではないですね。

意思決定者が誰なのかによって、目的も変わってきますし、金額や品質の制約も変わってくると思います。だから、多目的な場合は、現実との兼ね合いで、やむを得ず妥協する妥協解とか、意思決定者が満足すればそれでいいという満足解など、解の概念もさまざまあります。



◀ 「多目的最適化と工学設計
— しなやかシステム工学アプローチ」
(現代図書 / 2008年)
[Multiobjective Optimization and its
Applications to Engineering Design]

[Sequential Approximate
Multiobjective Optimization
Using Computational Intelligence
(Vector Optimization)]
(Springer; 2009th edition / 2009年) ▶



Expressing the Process of Human Judgment in Mathematical Form

— What kind of research are you involved in?

For example, think about the issuing of an evacuation advisory due to heavy rain. Advisory notices are issued taking many factors into account, such as records of past damage due to heavy rain and the amount of rainfall at that time, and forecast changes in rainfall, as well as judging the timing of evacuation. Could it be possible to transition these types of complicated decision-making processes, which humans have had to handle to date, to mathematical models? We have been creating programs based on these models, developing theories and methods that assist human decision-making by enabling computers to process a wide range of data and solve problems.

Particularly, I have been researching on multi-objective optimization and its applications.

— What is multi-objective optimization?

Optimization means finding the most suitable solution within a given set of constraints with regard to some value judgement. For example, when thinking about grocery shopping, people have a range of attitudes, such as "the cheaper the better" or "the higher quality the better." In this case, price and quality are the criteria of value, and the best solution would be either the lowest price (for the price criterion) or the best quality (for the quality criterion). But it's not often that the cheapest grocery store also has the best quality. In this way, circumstances where there are multiple objectives are called multi-objective situations, and finding a solution there that meets the preferences of the decision maker is multi-objective optimization.

— In your grocery shopping example, as some people want quality products even if they are expensive while others want cheaper prices at the expense of quality, there would likely not be a single answer.

Depending on who the decision maker is, I believe that the objective will change and the price and quality constraints will also change. Therefore, in multi-objective situations there are a range of conceivable solutions, such as compromise solutions that inevitably make concessions in light of reality, or satisfactory solutions that are acceptable if the decision maker is pleased.





■研究最前線



■多目的最適化手法を応用、社会に役立てる

——そもそも現在の研究を始めるきっかけは何ですか？

学部は数学科だったのですが、大学院に進んでからは、数学の理論的なことから応用的なことをやりたいなどだんだん思うようになりました。多目的意思決定の研究で、日本の大学で博士学位(工学)を取ったのですが、それを勉強している時に、遺伝的アルゴリズムとか、機械学習などを学んで、人間や動物、鳥の行動をモデルにして、計算知能を用いて問題を解いていくのが興味深いと思ったんです。

——数理的な手法を、現実の諸問題に応用する取り組みもされていますね。

関西大学に来てからは、例えば、他の先生との共同研究で、トンネルの施工法を検討する手助けなど、社会基盤施設の維持管理手法の開発に取り組んできました。

また今、大学院生のテーマとして暑さ指数を、環境省とは別のかたちで予測してみようとしています。気候の急な変動や人間の経済活動の変化によっても、暑さ指数は変動するので、いろいろな要因の補正を考えながら予測しなければなりません。現在の暑さは人命に関わる問題となることもあります。予測の際には暑さ

指数が高くなる地域をいかに正しく予測できるか、それが大事です。今のところ、データの精度は良い結果が出ています。ただし、数値的な精度が高ければいいというわけではありません。別の考え方をすれば、暑さ指数を高めて予測して、人々に警戒を促すやり方もあるでしょう。この数値をどのように使うのか、状況によって情報の意味は変わってきます。

——数理モデル上では正しいはずなのに、「どうしてこんな数値が出てくるんだ？」というような予想外な結果を、機械が出してきたらどうするのですか？

その場合は、二つのパターンがあります。一つは、異常値として、その結果を捨てる。もう一つは、その結果を取って置いて、今後どういったことが起こるかを見ていく。表面上は信頼性の低い予測になっていても、その裏で、その結果につながる何かが起こっているのかもしれない。あるいは、これまでにないことが起こることを知らせる前兆かもしれません。

したがって、これからはこういうことだって起こりうると読み取れたら、数理モデルを修正することもあります。大事なのは、過去の経験からモデルをつくるのではなく、これからの予測の確かさをどれだけ高めていくかということです。

状況が変化したということであれば、変化に応じて微調整することも、機械に追加学習させることもあります。過去のデータを使い続けると、新しい状況に適応できない可能性も出てきます。そのときは不要なデータを捨てていく。人間も一緒ではないでしょうか。経験に引きずられて、新しいことができない時もあります。そういう時には、もう過去は捨てて前に進みましょうということになると思います。

■精度が高くなっても、最終判断は人間の役割

——この研究が進んだら、いろいろな分野で意思決定を全部機械に任せるようになるのでしょうか？

どんどん機械に任せるような社会になりつつあると感じますが、機械の役割は人間の判断を助けることで、あくまでも主体は人間だと思っています。問題の解決策を探すことを人間が始め、機械が導いた結果をもとに、最終的に人間が判断する。機械が判断したとしても、機械は最終的な責任を取ってくれません。

——研究で心がけていること、大事にしていることは何ですか？

毎日何かを考えることが大事だと思います。例えば同じことをずっと考えていたとしても、でも、一つのことにとらわれると、自分の世界にこもって、新たな道が見えてこない。研究者は常に柔軟性を持たないといけません。そして、自分の考えていたことと違うことに気づいたときに、「なぜ、そうなるんだ？」と、「そういうこともあるかもしれない」という両方の問いを、常に持っているべきだと思います。

——今後の抱負をお願いします。

世の中に役に立つものをつくりたい。常に実際に使うことを想定して考えています。人間の良いところと機械の良いところをうまく活用して、人と機械が調和するしなやかなシステムを創造していきたいと思います。



■Applying Multi-objective Optimization Methods to Create Value for Society

——What got you interested in your current research?

My undergraduate degree was in mathematics, but after I entered graduate school I felt more and more that I wanted to move from theoretical aspects to practical applications of math. While studying for my doctorate in engineering, which was from a Japanese university, doing multiple criteria decision-making research, I found it fascinating to learn about evolutionary algorithms and machine learning, and how knowledge like that could be used with computational intelligence to model the behavior of humans, animals, and birds to solve problems.

——You are also involved in applying mathematical methods to real-world problems.

Since coming to Kansai University, I have been engaged in the development of methods for the maintenance and management of core social infrastructure, such as helping to study tunnel excavation methods through joint research with other professors.

One of current topics for my graduate students is trying to forecast the heat stress index. The heat stress index fluctuates due to sudden changes in climate and also changes in human economic activity, so forecasts must make corrections incorporating a wide range of factors. The current levels of summer heat and humidity in Japan can be life-threatening. When making forecasts, it is important to predict the areas where the heat stress index will be high as precisely as possible. However, it is not a simple case of the higher the numerical accuracy, the better. Another way of thinking about the situation is forecasting a higher heat stress index to warn people. The significance of information varies depending on how figures are used in different situations.

——What do you do if the machine outputs an unexpected result that - even if it seems correct based on the mathematical model - makes you think "where did it get these figures from?"

In that case, there are two possible approaches. The first is to discard the results as outliers. The second is to retain the results and monitor what happens in the future. While a forecast may seem superficially unreliable, something significant may be occurring in the background that has led to that result. Alternatively, the result could

be a sign alerting us that something new is happening.

So, if it can be interpreted that something may happen in the future, the mathematical model may need modification. The critical point is to not simply build the model from past experience, but how much the certainty of forward-looking forecasts can be increased over time.

If the environment has changed, minor adjustments may be made in response to the change or additional machine learning carried out. If past data continues to be used unchanged, the model may not be able to adapt to the new circumstances. In that case, unnecessary data is dispensed with. Do we humans not do the same? Sometimes our experiences limit us so that we are unable to attempt new things. In such situations, I believe that we should abandon past practices and be determined to move forward.

■The Ultimate Decision Still Lies with Humans Themselves

——Will this research ultimately mean allowing machines to make all the decisions across a wide range of areas?

I feel that society is already rapidly becoming dependent on machines as artificial intelligence improves rapidly. But I think the role of machines is to help people make decisions and that humans remain the key decision makers. Humans begin the search for solutions to the problems at hand, and they also make the final decisions based on the results provided by the machines. Put another way, if a machine makes a decision, it ultimately cannot take responsibility for that judgement.

——What do you aim for and what do you value in your research?

I think that it's important to think critically about something every day, even if that means continually thinking about the same thing. But when you are captured by one thing, you end up stuck in your own world and cannot see any new ways forward. Researchers must always take a flexible approach. And when you encounter something different to what you have in mind, you should always say two things to yourself: "Why did that happen?" and "OK, maybe that is possible."

——What are your ambitions?

I want to make something which is useful to people - I always have practicality in mind. I would like to continue creating 'Shinayaka' systems which make mutual collaboration between human and machine by leveraging each of their strengths.