

平成 30 年 11 月 5 日 (月) 17 時より、船橋校舎 14 号館 1 階エントランスホールにて 7 回目のサイエンスカフェが開催されました。

今回のテーマは「イチバンを考える-最適化のキソ・キホン-」で、航空宇宙工学科の中根昌克准教授と精密機械工学科の吉田洋明准教授に話題提供をいただきました。おふたりは航空宇宙工学科の同じ研究室(石川研究室)の先輩後輩で、中根先生が研究室に入ったころには既に吉田先生は精密機械工学科の助手でしたが、ちょうど吉田先生の開発した最適化法の検証作業を石川研究室の大学院生と共に行っているところだったそうです。それ以来のお付き合いも交えてお話しを伺います。

まずは、中根先生の話提供から始まります。

物事の一番を見つけることを「最適化」と言います。さらにそれが本当に最適なのかを確認することを「最適性の保証」といいます。最適化は「評価の軸」を決めて、その中で一番よいものを見つけることです。評価者によって答えはさまざまとなります。例えば船橋校舎と駿河台校舎を移動する場合、3つのルートが考えられます。①船橋日大前駅から西船橋駅を経る地下鉄ルート、②西船橋駅でJRに乗り換えるルート、③北習志野駅から津田沼駅を経るJRルートです。①と②移動時間はほぼ同じですが、地下鉄ルートのほうが運賃は安いです。③は最も低運賃ですが、時間が大幅にかかります。①②③のうちどれを選ぶかは、どの軸を重視するかによります。さらに、JR総武線の定期券を持っている、という評価者ごとの個別の条件があると運賃が最も安くなる経路が異なります。さて、最適化を検討するには3点の確認が必要です。①どのような問題か。どのような制約があるのか。②何を評価するのか(軸)。③どのような設計値を最適化するのか。です。さらに、最適をどのように保障するか、受益者が満足すれば問題はないのですが、研究などの場合には誰が見ても最適だと言えなければなりません。数学的な保障が可能ならば文句がないところです。この「数学的な」というのは、関数で表して微分するか、拘束条件のギリギリのところを狙うかという方法がとられます。拘束条件が最適解になる例として、「線形計画問題」があります。例えば、2種類の航空機を購入する場合の条件を数式化して、図化します。複数の拘束条件の線が交わるところが最適解となります。拘束条件が非線形となると微分がゼロになるところも最適解の候補となり、結局微分値がゼロとなる点か拘束条件上の点が最適解の候補となります。これらをまとめてKarush-Kuhn-Tucker(KTT)条件といいます。ところが航空機のように整数値のみという制約条件はクセモノです。数学的に「とびとびの値」である整数値は微分を使うことができません。連続値でないために解くことも最適性の証明も困難です。そこで、もっと楽に解きたい、数学的に厳密でなくとも最適解に近い値が得られないかと考えます。われわれの身の回りには自然に最適解を選んでいる現象があるので、それを参考にして様々な最適化法が考えられました。一方、さまざまな「制御」を最適化する問題においては、設計したいものを関数で表すことができれば、「変分法」を用いて解法できます。最適レギュレータ問題を変分法で解くと、最適の条件として非線形の微分方程式を解法する必要がありますが、これを数値計算で求めると面白いことがわかります。すなわち、試験勉強になぞらえれば、日々の継続的な勉強も重要だが一夜漬けも重要といえる、という結果です。また、そ

そもそも評価を巻子の形で表せない場合もあります。そこで「応答曲面法」が使われます。関数で表せない場合、実験によって得たデータで関数を近似する方法です。最後に、複数の評価軸がある場合、例えば「最小限のお金で最大限の成果を出したい」といった、評価関数間にトレードオフの関係がある場合には、どちらかが悪くならない境界を探していくことしかできません。これを Pareto 最適解と呼びます。以上が最適化のおおよその概念です。

ここからは吉田先生が生み出した新たな最適化法を吉田先生自身に紹介していただきました。中根先生の紹介された最適化は、最もよい解を探索によって見つけるもので、微分してゼロになる点、変分してゼロになる点、次々に値を入れて探していくという方法です。吉田先生が考えたのは「確率過程最適化法 (S P O T)」というもので、探索せずに最適解を計算によって導き出す、従前のものとは根本的に異なります。この着想は光の経路から得ました。光の反射の経路は量子力学の経路積分法で計算が可能で、本質的に確率論に置きかえることができます。確率論的な粒子の経路は、評価値に従った確率で経路を発生させると最適解が自然と浮かび上がってきます。これは期待値の計算です。ある時刻の期待値は同じ経路の他の時刻の情報も持っていますので、平均値を採用することで計算によって求めることができるのです。

ここからフロアとの意見交換に入ります。

Q：一番を探す最も良い方法は？

自然界ではいろいろなものが最適化されています。無意識に最適化されているということはよいのではないのでしょうか。

Q：芸術や美術を最適化することはできるのでしょうか。

人間の好みを評価することは難しく、人の感性を数値にできれば可能かもしれませんが、万人に受け入れられるかどうかはわかりません。

Q：吉田先生がこの方法を完成したときはどのように感じましたか。

学生のころに思いついて、量子力学の考え方なので物理学の先生に協力いただき、大学院生にコンピュータを回してもらって計算をしましたから、いつ完成かというのは難しいですが、式にしてまとめた時にはイケると思いましたね。

Q：評価の軸はどうやって決めればよいのでしょうか。

自分が設計したいものがどのようなものなのか、1人だけでやっているとヒトリヨガリになってしまいます。周りに認めてもらうためには多くの人とディスカッションをしながら決めることです。一番よいものの基準が自明ならば人間はいりません。ユーザの要望を数式で表現するのがエンジニアの役割です。最適か否かは人間が判断することになります。

Q：AIは最適化の助けになるのでしょうか、邪魔になるのでしょうか。

AI自体が最適化を目指しているものだと思います。評価を決めるのは人で、その後の作業はAIがやることになりますから、助けにも邪魔にもならないでしょうね。AIが出した答えを人が納得できるか

どうかだと思います。その答えはブラックボックスから出てくるようなものなので、正しいかどうかの検証はできません。

Q : 「確率過程最適化法 (S P O T)」はどのくらいで答えが出るのですか。

コンピュータの計算は1か月以上かかります。何百万回も回しています。ただし、この方法は時間しかかかりません。探索する方法ではチューニングすることが多数あって当たれば早いですが、永遠に答えが見いだせない可能性もあります。

以上 (18 時 10 分終了)



