

異分野融合チームで 社会を変える価値を創造

う え だ な お の り
上田 修功

NTTコミュニケーション科学基礎研究所
NTTフェロー
理化学研究所 革新知能統合研究センター
副センター長
2019年よりCREST研究総括

「理論」「実験」「計算科学」に次ぐ第4の科学として、ビッグデータを扱う「データ駆動型科学」の活用がさまざまな分野で進んでいる。データ駆動型科学に計算科学のアプローチを取り入れ、それぞれの強みを生かした融合研究に挑むのが、CREST「数学・数理科学と情報科学の連携・融合による情報活用基盤の創出と社会への展開（以下、数理的情報活用基盤）」研究領域だ。研究総括を務めるNTTコミュニケーション科学基礎研究所の上田修功NTTフェローは、この領域から革新的な技術基盤が生まれ、社会が抱える問題を解決に導くと期待している。

分野の強みを相補的に生かし 現状に一石を投じる研究を

従来、科学は実験と理論の両輪で発展してきた。しかしコンピューターの出現により、第3の科学として数理モデルを用いたシミュレーションに代表される計算科学が台頭。さらに近年、ビッグデータとそれを扱う深層学習などの人工知能(AI)の急速な発展により、第4の科学として注目されるのがデータ駆動型科学だ。大きな期待がかかるが、データ駆動型科学ではデータの質と量が重要となるため、難病や大災害など繰り返しデータを収集できない現象への対応は難しい。さらに、深層学習に代表される機械学習では、入出力間の処理がブラックボックス化していて、出力が導き出される過程を説明できない。しかも、研究に不可欠なビッグデータは巨大IT企業の寡占状態にある。「この状況に一石を投じたい」と、研究

総括を務めるNTTコミュニケーション科学基礎研究所の上田修功NTTフェローは語り、「数学・数理科学では現象をモデル化して説明、解明できます。この強みとデータ駆動型科学の強みを相補的に生かすことで、私たちが直面しているさまざまな問題の解決を目指していきます」と「数理的情報活用基盤」研究領域の狙いを説明する。「現状のAIは因果関係の説明が苦手です。一方、数学・数理科学は現象を論理的に説明することが得意ですから、組み合わせれば論理的な情報処理、説明ができる信頼性の高いAIを実現できます」と研究展開の一例を示す上田さんは、AIの信頼性を高めることで、応用範囲を大幅に広げられると考えている。また、観測された現象をうまく説明する数理モデルを構築し、得られたシミュレーション結果で欠損データを補完することで、少ないデータでもビッグデータに太刀打ちできるかもしれない。数理科

学研究の面でも、計算量が膨大でシミュレーションが困難だったケースに情報科学を適用すれば、大幅な効率化が見込める。数理科学と情報科学は、融合により、互いに発展できるのだ。

応用を見据えた課題を設定 第4の科学の先を探求

「数理的情報活用基盤」研究領域では数学と情報科学をつなぎ、第4の科学に続く新たな科学を探求する。加えて数学の発想を取り入れた新たな情報活用法の開発やその応用を加速し、高度化するデータ解析技術やソフトウェアなど次世代アプリケーションの基盤技術の創出を目指す。特に重視するのは実際の社会問題の解決につながることだ。「CRESTは基礎研究を推進する事業ですから、すぐに実社会の問題を解決する必要はありません。ただ、研究者には実施する研究が現実問題にどう関係す

るのかをしっかりと示してほしいと考えています」と上田さん。医療やバイオテクノロジー、材料化学や環境・エネルギーといった応用分野でも、AIなどの有用性が着実に示され、情報分野には熱い視線が注がれている。情報科学や数理科学の力が発揮できる新たなフィールドを発掘するためにも、応用分野との積極的な連携に期待がかかる。分野の垣根を超えるだけではなく、国境を越えた活動にも力を入れる。現在は数学分野で優れた研究者を輩出するフランスとの共同研究を奨励する他、国際ワークショップの開催も検討している。「数学はあらゆる科学技術分野を語る『共通言語』です。英語での複雑な説明は難しくても、数理モデルであれば数式で伝えられます。言語のハンデが少ないので、国際連携がしやすいだけでなく、競争にも有利な分野なのです」。海外での研究経験を持つ上田さんは、日本の研究の良さは緻密さや繊細さだと感じている。資源が少ないため、節約や品質向上も得意だ。融合研究により独創性が加わることで、社会に大きな影響を与える「量より質」の技術を開発できると確信している。

革新的な成果の創出を目指す 交流が大きなチャンスに

融合研究は新しい科学の扉を開く鍵となるが、全ての研究分野に長けた研究者はなかなかいない。そこでチーム型研究の特性を生かし、数学・数理学者と情報科学者、さらには応用分野の研究者がタッグを組む融合チームを推奨した。「交流があまりなかった分野の研究者が一丸となり、互いの発想を生かした革新的な成果を生み出すことが目標です。そのための研究チームを作ってほしいと伝えています」と上田さん。特に、これまで社会への応用についてはあまり考えてこなかった純粋数学の研究者にとっては、情報科学の研究者と交わることで思ってもみなかったような応用への道が拓ける可能性がある。一方、情報科学の研究者にとっても、純粋数学の理論を自分たちの分野で生かせ

る大きなチャンスになる。同じ戦略目標を掲げ、同時並行でプロジェクトを推進しているさきがけとACT-Xとの相乗効果を狙い、連携にも積極的だ。「ACT-Xは最も若手の研究者、さきがけはそれより少し年長の研究者による個人研究です。CRESTはチーム型でより出口に近い、応用寄りの基礎研究を実施します。例えば、さきがけやACT-Xで得られた知見をCRESTの問題解決に活用する、といった展開もあるかもしれません」。

長期的な視野で大胆に挑戦し 次世代に引き継がれる潮流を

発足後約半年が経過し、医療、建築、意匠デザインなど多彩な研究が進行中だ。「5年という枠に縛られずに、新しいこと、大きなことに挑戦してほしいと伝えています。後世につながるテーマを掲げ、道筋を付けければ、後に続く研究者が現れて1つの潮流になるでしょう」。上田さんは自らの研究経験から、「研究計画通りではない時の方が良い成果が出る」と話す。あることを実現するつも

りが別のことにつながったり、道を模索して寄り道したりする方が、面白い成果につながるという。「想定外の展開も楽しみつつ、そんなことが本当にできるのか、と驚くような大胆な研究に期待しています」。わずか数十年前には、電話機がコンピューターになり、通話だけでなくナビゲーション、ショッピング、SNSに至るまで、いつでもどこでも楽しめる時代が来るとは誰も想像していなかっただろう。研究成果の先にある未来を想像するのは、簡単ではないからだ。1つの問題を解決できる新しい技術基盤ができれば、同時に新たな課題が生じることも考えられる。「研究成果の波及効果は10～20年経たないとわからないものですから、近視眼的にならず、得られた成果を次世代に引き継ぐという信念を持って当たることが大切です。研究総括としてもメタな視点を大事にしながら研究者を支援し、次のステップにつながる領域にしなくてはならないと考えています」。長年にわたり日本の計算科学を牽引してきた上田さんは、融合研究領域のリーダーとして、決意を新たにしている。

Q.上田さんの好きな定理・数式は？

A.ベイズの定理

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{\int p(D|\theta)p(\theta)d\theta}$$

好きというのとは少し違いますが、機械学習の道に進んだきっかけで原点です。ある事象Dが起こったという条件の下で事象θが起こる事後確率P(θ|D)を説明する定理で、シンプルですが深遠です。事前確率が情報を得ることで事後確率になるわけですが、確率を決めるのは情報が与えられた順番であって、実際に現象が起こった物理的な順番ではないところが面白いです。この定理を発展させたのがベイズ推定です。情報が入るたびにベイズの定理を使って事後確率を更新していく仕組みは、機械学習に生かされていて、迷惑メールフィルターなどにも使われています。

ベイズの定理で当選確率が上がる？

「3つの扉問題」

3つの扉がある。1つの扉の後ろにだけ賞品があり、その扉を当てれば賞品がもらえる。あなたが1つの扉を選んだ後、残った2つの扉のうち賞品がない方の扉を開けて中に商品がないことを見せてもらった。ここで「選んだ扉を変更してもいい」と言われたら、あなたははどうするだろうか。扉の後ろの賞品は動かないから、どちらを選んでも当たる確率は同じ。そう思ったら、ベイズの定理を使って、残った扉を選んだ時に賞品が得られる確率を計算してみよう。最初に選んだ扉よりもう1つの扉の方が、当選確率が高いことがわかるだろう。