

『研究者紹介』インタビューシリーズ

## ミクロの世界とマクロの世界をつなぐ 確率論の可能性を開拓

数理科学研究科 確率解析, 数理物理学

佐々田 槇子 (ささだ・まきこ) 准教授

2007年東京大学理学部数学科卒業。09年同大学院数理科学研究科修士課程修了。博士課程を2年で修了し、11年慶應義塾大学理工学部数理科学科助教、14年同専任講師。15年より現職。

2010年 日本数学会賞建部賢弘賞奨励賞

2011年 第一回日本学術振興会育志賞

2011年 平成22年度東京大学総長大賞



(撮影：河野裕昭)

(2019年2月15日取材)

### ばらばらな動きが生み出すマクロの法則

例えば、水の中にインクを1滴ぼたりと落とすと、丸く広がっていく。インクの粒子のひとつひとつは勝手に動いているのに、皆が勝手に動いた結果は、決まって丸く広がる拡散現象になる。あるいは、熱い物体と冷たい物体をくっつけると、熱が冷たい物体へと移っていく。熱というのは分子の振動の結果として生じる現象であるが、振動している分子が「熱い方へ行こう」「冷たい方へ行こう」と思って動くわけではなく、ひとつひとつの分子がばらばらに動いた結果として熱が移る。

ばらばらに動いていても、あるいは、局所的には粒子の間に相互作用があっても、マクロのスケールで見るとそうした個々の動きは平均化され、拡散現象や熱の移動という再現性の高い現象が見える。

佐々田さんは、そうしたミクロの動きに確率論モデルを用いて、マクロの現象を表す微分方程式を導く研究をしてきた。

「修士1年のときに、このテーマに出会うことができました。それまで勉強してきた熱方程式などの微分方程式について『ひとつひとつの粒がこういう動きをしているからこういう方程式になる』ということの説明できるんだとわかった時には、感動しました」

## ミクロとマクロをつなぐ意義

マクロの現象を表す方程式自体は、工学や解析学の分野でも広く研究されている。しかし、そうした研究はマクロの現象からマクロの方程式を導くというアプローチであるため、ミクロの相互作用や環境が変わったときにマクロの方程式（現象）がどう変わるかはわからない。少し変わるだけかもしれないし、予想もつかないことが起こる可能性もある<sup>1</sup>。ミクロが変わるとマクロがどうなるか、それはなぜか、ということを確認論で厳密に説明できるのは面白く、また大きな意義がある。経済学（ミクロ経済とマクロ経済）、生物学（個体の動きと集団の動き）など、ミクロとマクロの関係を知りたいというニーズは幅広くあり、様々な分野の研究者から共同研究の誘いがあるという。

## 数が増えるほどシンプルになる

なぜ確率論で、ミクロの動きからマクロの現象を説明できるのだろうか。

「それは、確率論の最も基本的な定理である『大数の法則』があるからです。『大数の法則』とは、ものがたくさん集まれば平均値に落ち着くという定理です。例えば、サイコロを繰り返し投げ続ける実験で、各回に出た目をミクロの情報、出た目の平均値をマクロの情報とすると、個々のミクロの情報は、1から6までばらばらですが、サイコロを投げる回数が増えてミクロの情報がたくさん集まれば、マクロの情報はひとつの値に近づいていきます。たくさん集まるほど、ひとつひとつの影響が小さくなって、全体としての情報が見えてくる。普通は、数が増えれば増えるほど複雑になりますが、確率論では、数が増えれば増えるほどシンプルになっていきます」

## 色々な分野とつながることで可能性が広がる

実は、現代的確率論の歴史は、長い数学の歴史の中ではまだ新しく、20世紀に入ってからだという。それまでも、賭け事等に関する確率の議論はカルダーノやガリレオの時代から行われていたが、確率論を数学的に議論する土台が整ったのは、1933年にロシアの数学者アンドレイ・コルモゴロフが測度論を取り入れて確率を厳密に定式化してからである。「代数、解析、幾何に比べればかなり新しい学問ということもあり、ここ数十年の進化は目覚ましいものがあります」と佐々田さんは話す。

一言に確率論といっても、解析に近い「確率解析」、「確率微分方程式」という分野もあれば、代数よりの組み合わせ論を研究する分野もある。幾何と確率を融合したような分野の研究も発展しつつある。佐々田さん自身も最近、幾何学や可積分系など他分野とのつながりに関心をもって研究を進めている。「確率はどの分野とも近くなれる分野。『はしっこのようで、真ん中のようでもある』ところが面白さであり、魅力です」

## 研究の原動力は人とのつながり

様々な分野とのつながりによって可能性が広がっていく、という確率論の性質は、その

まま佐々田さんの研究スタイルにもあてはまる。研究では、人とのコミュニケーションを大切にする。

「数学では実験をするわけではないので、アイデアの出どころは、自分の頭以外には、人と話をするか、本を読むぐらいしかありません。ですから、人とのディスカッションはものすごく大事。『ああそうか』『その視点があったか』と気づき、そこから研究が始まる、ということもよくあります。コーヒーを飲みながらおしゃべりをする時間が、実は研究に生きていたりします」。人との意見交換の大切さを、学生時代よりも知り合いが増えてきた今、あらためて実感しているという。

人とのつながりはアイデアを得る源となるだけでなく、研究者としてのやりがいの源にもなっている。「研究をしていて最高に嬉しいと感じる瞬間がふたつあります。ひとつはもちろん、何か新しいことを発見できた時。そして、それと同じぐらい嬉しいのが、その発見を仲間と共有できた時。ひとつめだけでは物足りない。研究をしていくうえで、喜びを伝えられる人が身近にいるかどうかは大きいですね」

4月からは、ニューヨーク大学クーラン数理科学研究所に長期滞在し、確率論と他分野とのつながりに焦点を置いて研究を進める。新たな発見の喜びと、それを共有できる仲間との出会いが待っている。

取材・執筆 梶浦真美（フリーランス・ライター）  
日本数学会 ジャーナリスト・イン・レジデンス

---

<sup>i</sup> ミクロの小さな変化でマクロが大きく変わる現象は、身近にも存在する。例えば、液体だった水が0℃になると凍る『相転移』もそのひとつ。温度はなだらかに変化していて、個々の分子については0℃の瞬間に特別なことが起きるわけではないが、そうした分子が大量に集まった全体（マクロ）で見ると、0℃を超えた瞬間にがっちり固まって、安定した状態になる。こうした相転移の現象も、確率論を使ったモデルで説明できる。