

熊谷隆氏の井上學術賞受賞によせて

京都大学大学院理学研究科

重川 一郎

この度、京都大学数理解析研究所の熊谷隆氏が井上學術賞を受賞されました。受賞をお祝いするとともに、熊谷氏の研究のご紹介をしたいと思います。実は熊谷さん（と呼びなれた呼称を使わせてください）というといつも思い出す言葉があります。

君子は豹変す

というのがその言葉です。この言葉、易経の中にあるということは知っている人もいるかと思いますが、詳しい言われは知らないという人も多いはずで、少し解説を加えますと、易とは当たるも八卦、当たらぬも八卦の占いの書であり、八卦と八卦で全部で六十四卦あります。その中の一つが「革」で、物事があらたまるという意味があります。「革」の中の爻辞の一つが「君子は豹変す」です。他に「大人は虎変す」など同種の言葉も含まれています。さて、この虎や豹ですが、秋も深まり冬が近くなってきますと来るべき寒さに備え、古い毛が抜け落ち、新しい毛が生え替わって、その毛並みがつやつやと輝くようになります。このように見違えるように立派になることを、君子は豹変す、と言っているわけです。特に、君子や大人と呼ばれる人はそうだと言う訳です。本当に見違えるように立派になる。熊谷さんを見ていると、君子は豹変すというのはこういうことなんだな、といつもしみじみ感じるわけです。

私が熊谷さんと初めて出会ったのは1989年の4月でした。彼はそのとき京大理学研究所の修士に入学したばかりで、澁漣とした若々しさに満ち溢れていました。私自身も同じく4月から京都大学に転任したばかりで、（今のすっかり黄昏ちゃった自分からすれば）初々しい気分染まっていた時期でもありました。新しい環境で新しい才能に出会ったわけです。熊谷さんは渡辺信三先生の指導を受けることになっていたのですが、丁度そのとき渡辺先生は3か月間海外出張だったので、不在の間私が彼のセミナーの相手をするようになりました。随分優秀な学生さんだということは噂で聞き知っていましたので、どれほどのものかという好奇心もあり、セミナーを楽しみにしていました。修士の1年のときは大概その分野の専門書を読んでいくのですが、熊谷さんの場合は違っていました。いきなり論文を読み始めたのです。噂に違わぬ俊才ぶり。そしてそのとき読んだ論文がBarlow-PerkinsのBrownian Motion on the Sierpinski Gasketという論文。Probability Theory and related fieldsというジャーナルの1988年の号に掲載されたものです。Sierpinski gasketというのは、フラクタルの典型的なものです。そしてこの論文は、フラクタル上の拡散過程の熱核評価はこの論文をもって嚆矢とする、とちょっと気取って言いたくなるほどパイオニア精神に満ちた重要な論文でした。この最先端の論文

を臆せず動ぜず読んでいくわけです。なるほど、嘴の黄色いヒヨッコのレベルなどは疾うに脱しているわ、大したものだと感心しました。それでも、この論文で扱われている確率過程の研究では強マルコフ性を使うというのが基本的なテクニックなのですが、その式変形でちょっともたつくような場面もあり、こんな優秀な学生でももたつくことがあるんだと（自分の数学がいつももたついていることなどすっかり棚に上げ）ちょっと微笑ましく思ったことがあります。しかしそんなことは些末なことで、論文を読み進む中で、分枝過程のことが必要になればそれを勉強するし、新しいこともどんどん吸収して、その成長ぶりには目を見張るものがありました。そして修士論文は、この論文で扱われた拡散過程を一般化して p -stream という回転項を加えた拡散過程の研究を含む、都合3つの論文からなる労作でした。修論の発表は堂々たるもので、君子は豹変す、とはこういうことなんだ、と初めてこの言葉を生で実感する機会を得た思いでした。

それを皮切りに、熊谷氏は nested fractal という、Sierpinski gasket を含むより広いクラスで一般論を展開し、熱核の評価を中心に成果を上げていきました。当時一般にフラクタル上では熱の拡散がユークリッド空間より遅い、いわゆる劣拡散的な挙動をされると思われていました。Barlow-Perkins は、Sierpinski gasket の場合に熱核の劣ガウス評価の形でこのことを示したわけですが、熊谷さんはこれをより一般の nested fractal というクラスにまで拡張していきました。具体的には、従来とは違う新しい距離を導入し、それを用いて熱核を上下から評価して劣ガウス評価が成り立つことを証明し、さらに精密な評価により短時間漸近評価まで与えました。また、Sierpinski gasket の場合に、割合関数を特定することにより Schilker 型の大偏差原理を証明し、その応用として Strassen 型重複対数の法則が成り立つことを示しました。一般のフラクタルの場合は少し弱い形で大偏差原理を定式化し、やはり Strassen 型重複対数の法則を示しています。その後も、熊谷さんはこうしたフラクタル上の拡散過程の研究を礎にして、より抽象的な距離空間の枠組みにまで理論を広げていきました。実際距離空間の枠組みで、熱核の劣ガウス評価、放物型ハルナック不等式などの関数不等式の間の同値関係を証明しています。さらにこれらの性質が rough isometry という、空間に多少の変形を許した isometry で不変であることを証明し、熱核の劣ガウス評価の成り立つ範囲を飛躍的に拡張することにも成功しています。

そうした研究の中で2008年9月に福岡で日独2国間の Stochastic Analysis and Applications という研究会が開催されました。そのときに熊谷さんも講演されましたが、タイトルは Uniqueness of Brownian motion on Sierpinski carpets でした。これは Sierpinski carpet 上の Brown 運動の一意性に関する問題を共同研究者の Barlow-Bass-Teplyaev 氏らとともに肯定的に解決したものです。Sierpinski carpet は無限分岐的フラクタルというクラスに属し、Sierpinski gasket などの有限分岐的フラクタルと違って格段の難しさを持った対象です。Brown 運動の構成方法もいくつか知られていましたが、それらが実は同じものを定義するということが未解決のまま残されていました。その問題を解決で

きたことを、講演の中で熊谷さんは報告していたのですが、大きな仕事をやり切ったという喜びに満ち溢れた話しぶりでした。そういう熊谷さんの自然な姿に、誰もがその喜びを共有することができたし、さらには熊谷さんへの信頼につながっていくのだと感じました。若い人にとっても大きな刺激になったことだろうと思います。

熊谷さんの研究は、最近ではジャンプのあるマルコフ過程にまで及び、その広がりと深みを一層増しています。その一方で Bernoulli Society の機関誌 Stochastic Processes and their Applications の編集委員長を日本人として初めて務め、多くの一流国際誌の編集委員を歴任するなど、国際的な舞台で活躍していることも、熊谷さんの力量が高く評価されていることを物語っていると思います。私の専門は熊谷さんのそれと完全に重なっているわけではないので、熊谷さんの理論をその神髄まで十分理解しているとはいえない存在です。それでも、国際研究集会などの大きな舞台に熊谷さんが立つたびに、研究者としてのスケールが大きくなっていくのを目の当たりにして、同じ確率論を専門とする同業者として誇らしくもあり、それを傍で見ることのできることに幸せも感じていました。

今回の井上学術賞の受賞は本当に熊谷さんにふさわしいものだと思います。心からお祝いするとともに、これからもまた何度も、熊谷さんの君子豹変ぶりを拝見したいものだと楽しみにしています。