



IPMU Interview

デイビッド・アイゼンバッド教授に聞く

David Eisenbud

聞き手：河野俊丈

河野 アイゼンバッド先生、数物連携宇宙研究機構について先生とお話しする機会をいただき、たいへん光栄に思います。私どものホームページをご覧になられたことと思いますが、この研究機構の主要な課題のひとつは、学問領域、特に数学と物理学との間にある伝統的な境界を超える新しい研究分野を創造することにあります。それを実現するためには、数学者と物理学者がお互いに議論し合い、協力して取り組むことが必要となります。数学者が物理学者や天文学者、あるいは他の分野の科学者と協力することについて、先生はどのようにお考えでしょうか。数学者は、このような協力においてどのような役割を果たすことができるでしょうか。

デイビッド・アイゼンバッドさんはカリフォルニア大学パークレー校の数学科教授。1997年から2007年まで数理科学研究所(MSRI)所長、2003年から2005年までアメリカ数学会会長を務めました。おもな研究対象は、可換代数、代数幾何学、トポロジーおよびこれらの分野における計算的手法です。2006年には、父親の高名な数理物理学者レオナルド・アイゼンバッド(1913～2004)を記念して、数学と物理学の優れた功績に対して贈るアメリカ数学会「レオナルド・アイゼンバッド賞」を創設しました。第1回レオナルド・アイゼンバッド賞は2008年1月、大栗博司、アンドリュー・ストロミンジャー、カムラン・バッフアの3人に贈られました。

数学と物理学は
たがいに糧をもたらし

アイゼンバッド 興味深い質問です。ご存知のように、協力関係を実現するのはそれほど簡単なことではありません。数学と物理学の歴史というものは、他の科学分野でも同様ですが、非常に興味深いものです。数学の分野の重要な問題の多くは応用からもたらされました。応用の場との接触が数学の質を大きく高めるのです。他方、数学における重要な概念の多くは、なぜか数学者が純粋な想像力に基づいて考え出しているのです。これは、数学者は数学的な問題に興味があるという理由からです。後になると、どちらも同じように応用できることが判明します。これは驚くべきことだと思います。このように着想には大きく異なる2種類の起源があるのですが、応用という面から見るとどちらでも同じことなのです。

リーマン幾何学は、ガウスとリーマンの、ある点においては応用的な、ある点では純粋な興味から生まれたものですが、それが相対性理論の基礎となりました。無限次元行列の非可換代数も、どういうわけか量子力学の基礎となりました。こうしたことはまったく予期しない発展でした。私はこれが将来も続くパターンであると思います。この点について言えば、将来の最良の指針となるものは過去のな

です。この例から得られる教訓がいくつかあります。ひとつは、数学が実験的な科学や理論的な科学にさらされて、相互に影響しあうことが非常に重要だということです。新しい研究機構が、数学を他分野にさらけ出すというような場をもたらすことができるのはすばらしいことです。まさにこの場所で、数学を豊かにするような問題がいくつか現れてくることでしょう。

もうひとつ非常に重要なことは、最大限純粋な専門分野の能力を維持することです。こうすることによってのみ、学際的な能力に活力を与えられるのです。専門分野の科学なしには、学際的な科学はありえません。東京大学は、数学の分野でたいへん強力な伝統をもっているので、学際性を発揮できるうってつけの場所だと思います。

私は、今日の理論物理学と数学はこの100年の間で最も緊密な関係にあると思います。そのためでしょう、現在の数学と物理学の発展には目を見張るようなものがあります。今日の弦理論の発展と量子力学における精力的な取り組みは、数学者たちが開発する手段によるところが非常に大きくなっています。物理学者たちは、このような考えを人一倍貧欲に使いたがります。彼らは何かを聞きつけると、すぐにそれを応用します。このやり方が物理学において最新流

行のスタイルとなり、強い刺激となっています。

その見返りとして、数学者たちは解くことのできない問題を手に入れることになります。というのは、物理学者たちは彼らの数学を使って物事を処理しがちなのですが、その数学は数学者たちが夢にも思わないような代物だからです。それに物理学者たちは、私たちよりも計算がはるかに得意です。彼らは計算をし、もしその計算が成功すれば、自分たちが行ったことが基本的に正しいに違いないと知ります。多くの場合、彼らにとってはこれで十分です。しかし、私たち数学者にとってはこれでは不十分なのです。数学者は背景にある数学をさらに進めて発展させる必要があります。ですから私は、この研究機構における交流は非常に実り多いものになると思います。

今日の膨大なデータを
読み解くには

アイゼンバッド もちろん、これは今日の物理学との相互作用の一面にすぎません。別な側面もあり、それは他の科学でも共通

河野俊丈さんはIPMUの主任研究員の1人で、また東京大学の数理科学研究科の教授でもあります。



しているものです。この面では生物学が先頭を切ってきましたが、今やこれはあらゆる分野に当てはまります。つまり、電子機器やコンピューターを用いることによって、現在私たちは自分で扱える以上のデータを生み出すことができるのです。

かなり前のことですが、ロバート H. ディッケという物理学者がコロキウムに來られたときのことを思い出します。彼は、太陽の偏平率の測定について話をしました。太陽は完全な球形ではないので、もし太陽の周辺での光の曲がり具合により一般相対論の検証を考えるなら、球形からのずれの度合いを正確に知ることが重要なのです。ですから、彼は太陽の偏平率の問題にたいへん興味をもっていました。そこで、データを集めました。当時のことから、今日、私たちが集めることのできるデータ量に比べればほんのわずかなものでしたが、彼の研究室はデータで埋まってしまいました。毎日プリントした紙の山ができたことでしょう。全部読める人などいませんでした。

このことは、今日の実験科学の根本的な問題のひとつとして広く認識されています。私たちが興味深いデータを生み出す能力は、そのデータを取り入れて理解する能力をはるかに超えています。私が思うには、数学者だけがこの点で効果を発揮できる手段をもっています。それは主として、統計学と組み合わせ論とコンピューターサイエンスを利用するものです。このことは、ゲノムの研究と、そこで私たちが開発した遺伝子照合アルゴリズムでおわかりいただけると思います。この流れがコンピューターサイエンスに浸透していきます。ところで私は思うの

ですが、コンピューターサイエンスと数学と統計学を、この目的のためには一体として考えるべきです。これは非常に重要な動向なのです。

「幸運は十分な備えのある
研究所のみにほほ笑む」

河野 統計学と実験物理学の研究も、私どもの研究機構では重要な一面となっています。

先ほど学際的な研究について触れられましたが、これについてお話ししたいと思います。先生は、数理科学研究所 (MSRI) の前所長として、数学のさまざまな分野で多くの研究活動を組織してこられました。私は1980年代半ばのMSRIの研究プログラムにたいへん感銘を受けました。ひとつはトポロジー、もうひとつは作用素代数という2つの異なるプログラムが並行して始められました。その後、統合されてジョーンズ多項式が発見され、新たな数学の分野が創り出されました。先生のご意見では、研究所レベルでの学際的研究をうまく行うには何が必要でしょうか。

アイゼンバッド 幸運が大きな役割を果たすと言わねばなりません。運そのものをコントロールすることはできませんから、周辺の条件を幸運がもたらされやすいようにコントロールすることが必要です。偉大な生物学者、ルイ・パスツールがこう言いました。「幸運は十分な備えある人へのみほほ笑む」。同様に「幸運は十分な備えある研究所へのみほほ笑む」のです。

MSRIが定期的に行っていることのひとつですが、私たちはいくらか関連のあるプログラムどうしを、相互に影響し合う可能性を高めることを願って一緒に実施することにしています。

他のグループと関連した研究を行っているたいへんすぐれた人材を集め、ひとつのグループが他のグループから学ぶ機会をもてば、そこに幸運を引き寄せお膳立てが整うわけです。相互の影響を阻むもののひとつに、たいへん技術的、専門的な高度な議論のみを行うことがあります。そうすると、あるグループが他のグループのアイデアに興味をもつ機会はなくなります。私の考えでは、それぞれのグループが他のグループに話しかけなければならないような組織的な公開討論の場を設けることがとても重要です。参加者にとって、そうすることは非常に難しいことなので、強く奨励しないかぎりやりません。しかし、それをやってのければ、結局は喜ばしい結果になると思います。ですからやるだけの価値はあるのです。

社会工学的な方法もいろいろ試みることができます。もちろん、単にお互いに会って話し合い、お互いの名前を知ることでも重要です。ですが、それですら簡単ではありません。私は基礎的な一連の講義をひとつのグループが他のグループに対して行い、まだ知らないことが学べるようにすることもたいへん重要だと考えています。そこには新しいアイデアがあり、それが刺激を与え、人々は互いに話し合うのです。「ああ、そうだ！ 私はあなたの問題にびったりかもしれない手段をもってますよ」。そして前進するのです。

弦理論への
アプローチ

河野 最近、また幾何学と物理学が密接な関係をもつようになってきました。たとえば、「ミラー対称性」です。数学と物理

学における相乗効果の将来の発展について、先生の展望をお話しいただけませんか。

アイゼンバッド たいへん有望だと思います。ある意味、数学者はまだ1950年ごろの物理学について研究しています。数学者は、1950年以前の量子力学に利用されていたような数学をやっときちんと理解したところです。しかし、数学者が、20世紀後半の量子力学を理解するのはいまだにたいへん困難なことです。また、物理学者にとっても同様に理解困難だと思います。

ある意味で、物理学の全分野で最も正確に予言できるのは量子電磁力学に基づくものです。それは、発散することが知られている級数の最初のいくつかの項を足し合わせることによって記述されます。これは満足できる状況ではありません。多くの研究が行われているにもかかわらず、私はこれが困難な問題であり続けると考えています。物理学に携わる人々は、実在しない空間で常に完全に満足して積分を行っています。しかし、その問題を取り入れて理解することが数学にとってはきわめて重要であり、究極的には、物理学の進歩にとっても同様に重要であると思います。

他方、弦理論の問題は数学の最も深遠な部分を含んでいます。物理学者はこれまで数学から得られた多くの驚くべき手段と結果をたいへん有効に利用し、また、しばしばその先鞭をつけてきたと思います。今、盛んに両分野の交流が行われています。この点において、現在は数学と物理学にとってたいへん幸福な時代であると思います。
河野 貴重なコメントを数々いただき、どうもありがとうございます。