



## Interview

# リサ・ランドール教授 に聞く

聞き手: 向山 信治

科学に対する考え方を改めてほしく一般向けに本を書く

**向山** インタビューの時間を取っていただき、ありがとうございます。まず、2冊目の本<sup>1</sup>の日本語版が出版されたことをお喜びします。翻訳のお手伝いをしましたが、とても楽しめました。

**ランドール** とても重要な仕事をしていただいて、感謝しています。翻訳者は実に一生懸命やってくれましたが、勿論難しい内容なので、監修してくれる物理学者を得たことは本当に幸いでした。

**向山** そうですね。この本の翻訳は長い時間かかった大変な仕事だったことを知っています。書くには、当然もっと大変な努力が必要だったに違いありませんね。

**ランドール** その通りです。

**向山** どうやってその時間を捻出したのですか？

**ランドール** 実際、執筆にはものすごく時間がかかりました。

リサ・ランドールさんは、ハーバード大学の Frank B. Baird, Jr. 教授を務めています。1987年にハーバード大学から Ph.D. の学位を取得、1991年にマサチューセッツ工科大学 (MIT) 助教授、1995年、同准教授。1998年から MIT 教授 (2001年まで) とプリンストン大学教授 (2000年まで) を兼務。2001年から現職。2008年より米国科学アカデミー会員、2012年よりヨーロッパ科学・芸術アカデミー会員、その他多くの著名な学協会の会員を務めています。2007年にはタイム誌の「世界で最も影響力のある100人」に選ばれました。

ですから、あきらめざるを得なかったこともあって、やりたいことを何でもするという訳にはいきませんでした。旅行中も書く機会があれば大抵書いていました。米国科学アカデミーの会合は重要なのですが、その席で、私を見たブルーノ・ズミノから「本を書いているの?」と言われたことがあったとさえ記憶しています。実際そうだったので、その時はショックでした。基本的に、書ける時はいつでも書こうとしています。そうしたところで、やはりすごく時間がかかります。それで、ちょっとでも時間があれば書かなければならないわけです。書くことがとても楽しいときもありますが、一方、書くこと自体が大きな目標のようなときもあります。何か一つのアイデアについて本を書くのは余り大変なことではありませんが、私にはそれほど興味はありません。それで、多くのアイデアを著書に盛り込んで全体として統一的な意味があるようにしようと思います。そうすると大変ですが、やりがいがあるものになります。一章一章がかなり大変な上に、全体のストーリーをどうやって統一的にまとめるか考えなければなりません。そういったわけで、本当にすごく時間がかかりました。

**向山** 最初の本を書き終えてから  
<sup>1</sup> 宇宙の扉をノックする：NHK出版、2013年11月

らすぐに2冊目<sup>2</sup>に取りかかったのですか？

**ランドール** いいえ、実のところしばらくは本を書こうなんて思いませんでした。初めは、単に物理だけの問題に限らず—勿論、私もLHCとかヒッグス粒子とか、そういったこと全てにわくわくしますが—もっと広いサイエンスの紹介の仕方にある種のフラストレーションを感じたことが動機だったと思います。新聞を読み、論争をたどり、少し旅行した後で、サイエンスに興味をもつ人たちがさえサイエンスがどのようなものか本当に理解しているのかどうか、はっきりしないことがありました。それに、最初の本を書いた後、私はいろいろなことを質問されました。それでこの2冊目の本がとても良い本になるだろうというアイデアを得て、書き始めたわけです。しかし、実際書き始めたのは、少なくとも数年経ってからでした。

**向山** では、2冊の本が一般の人たちのサイエンスに対する考え方を変えたと思いますか？

**ランドール** 理解してくれた人たちもいると思います。でも多くの人たちはとても頑迷で、独自の考え方をもっています。私たちが考えていることを口に出して言わなければ、彼らは注意を払おうとはしないか、そんな

<sup>2</sup> ワープする宇宙—5次元時空の謎を解く—：NHK出版、2007年6月

ことは全て知っていると思っています。私は中立的な意見の人たちに語りかけるように、そうすることによって人々が互いに話し合えるように、随分努力しました。それを分かってくれた人たちもいます。でも、まだまだ道は遠いと思います。物事の決まり方で見た場合、アメリカ人は極端な考え方ははるかに好み、中庸な考え方はそれほど好みません。しかし、私はとにかくそれを追究しました。それが重要だと考えるからです。物事が変わるにはまだ時間がかかると思います。でも、多分少しは変わっているのかもしれませんが。この数年、以前より少しは科学的に考えることに注意が払われるようになったと思います。多分、役に立っているでしょう。

**向山** ええ、忍耐が必要ですね。

**ランドール** ええ、でもいつまでも待っているわけにはいかないかもしれません。適切に実施しなければならないことが山ほどあるのですから。

**向山** その通りですね。でも、あなたの日本語版の本とテレビ出演、その他が（日本の）一般の人たちのサイエンスに対する

向山信治さんはKavli IPMU准教授で、専門は理論物理学および宇宙論です。2001年から2004年にハーバード大学に滞在し、その縁でランドールさんから著書<sup>21</sup>の日本語訳監修を依頼されました。





考え方を変え、サイエンスに興味をもつ人をもっと増やすことを期待しています。

**ランドール** そうなれば良いですね。ありがとうございます。私も期待しています。

#### ワープした余剰次元のアイデアを得て興奮

**向山** では、サイエンスに話題を変えましょう。あなたのブレーンワールド・シナリオとワープした余剰次元<sup>3</sup>の理論は今や非常に有名で、標準型を超える物理のシナリオとして最も有望なものの一つと考えられています。しかし、最初あなたがラマン・サンドラムとこの模型を提案した時に考えたことを伺いたいのですが、この模型が大きな注目を集めるという確信がありましたか？

**ランドール** 今までそういう確信をもったことはありません。良いアイデアだとは思いました。ただ、私たちは、ある意味で「どうして今までだれもこれに気がつかなかったのだろう？」といったように感じていたので、それを確認したいと思いました。でも、結構興奮したとは思いません。関心を集めるかどうかといったような意味で何か考えたかどうかは覚えがありません。実

際、最初は余り関心を集めなかったと思います。

**向山** 本当ですか？

**ランドール** 「単に別の余剰次元の模型だ」くらいに思われました。そうではないのだ、ということ私たちは明確にしなければなりません。最初ラマンがこちらで講演し、それから私も講演を開始しました。そうしてやっと他の研究者達がこの模型の研究を始めるようになったと思います。その後マーク・ワイズが彼の論文でこの模型を「ランドール-サンドラム」と呼んでくれました。これが私たちにとってとても良かったことは、私たちの模型は違う種類の模型であるということをはっきりさせてくれたことです。実のところ、必ずしも誰もがすぐにそうだと認めたわけではなかったと思います。そう認めてくれた人たちはいましたが、すぐに知られるようになったかどうかは分かりません。

**向山** そうですか。

**ランドール** しかし、私たちはそれが違う模型だということを見初めから分かっていたのでとても興奮したのだと思います。

**向山** 分かりました。多分他の人たちには新しすぎたのではないのでしょうか？

**ランドール** そうですね、よく分かりませんが。それに、多分、双対性のために既に知られているものに過ぎないのではないかと受け取られたのかもしれませんが。私たちが本当に新しいことをしたのだと他の研究者に認められるまでには少し時間がかかったと思います。ひょっとすると違うかもしれませんが、多分私はそう感じていました。兎に角、私たちが熱中したことは確かです。ただ、ちょっと変わっていたのは、私たちは「アノマリーメディエーション」と「隔離」<sup>4</sup>に関する論文を仕上げようとしているところでした。

**向山** そうですね。

**ランドール** それで、その論文が片づくまで新しい模型について論文を書くのを遅らせたのです。

**向山** 本当ですか？

**ランドール** 私たちはとても興奮していたのですが、他のことも完成させたいと思っていました。また全ての側面を理解していることも確認しなかったし、また無限大の余剰次元も研究していました。ですから、同時に3つの論文を考えていました。全部非常に興味深いものでした。

**向山** その通りですね。実際、あなたは似通った設定に基づく3つの異なる模型を作った訳です。似通った設定からほとんど同時に異なるアイデアを得たわけですが、どうやって考えたのですか？ すごいことですね。

**ランドール** そうですね、ある意味で数学からアイデアが浮かびました。その理由というのは、「隔離」のシナリオとこのメトリックで模型を作ろうと一生懸命やっていたこと、アノマリーメディエーションのシナリ

オでは超対称性の破れの伝達かどのように起こるのか、また「モジュラス」<sup>5</sup>が情報を運ぶのか、ご存知のように微妙な点があること、それから摂動の最低次の項が存在しない場合に成り立つシナリオを作りたいと思っていたことです。やっかいな仕事でした。私たちは超対称性が成り立つのは別のブレーンでなければならぬことに気がつきました。しかし、幾何学に取り組んでいる途中で指数関数に気がついたのですが、階層性問題を長年考えてきた私たちのような人間にとっては、注目すべきことでした。勿論お分かりですよ。でも、そのメトリックで調べ始めたら、非常に驚いたことに2つのブレーンの一方は無くても良いかのように見えて、私は混乱してしまいました。

**向山** ええ、とても驚くべきことですから。

**ランドール** 実際、私からこれを聞いた人たちは、無限大の余剰次元は許されないこと、また、それを回避する理論的理由が非常に微妙であるため、間違っているに違いないと思ったようです。

**向山** そうです。あなた達の仕事以前は、ほとんど定理のよう

<sup>3</sup> ブレーンワールドとは物質と力が「ブレーン」と呼ばれる膜の表面に閉じ込められている物理的設定。ワープ（歪曲）した時空の幾何とは、一つの方向（次元）ではその位置により全体的なスケールが変わるが、それ以外の方向（次元）では平坦であるような時空。余剰次元とは人間が感知できる4次元時空以外の感知できない次元であり、余剰次元方向で高次元時空の幾何がワープしている場合、ワープした余剰次元と呼ぶ。

<sup>4</sup> 「アノマリーメディエーション（仲介）」は、量子効果による超対称性の破れの伝達、「隔離」は異なる種類の素粒子が余剰次元の中で物理的に分離していることを意味する。

<sup>5</sup> 「モジュラス」とは超弦理論に存在するスカラー場であり、超弦理論特有の自由度。

に思われていました。

**ランドール** 全くその通りです。あなたの言うように、実際、定理だと思われていました。それを回避する方法は非常に微妙で、そういう微妙なことが沢山ありましたから、私たちは何か見落としていないか確認したかったのです。

**向山** そうでしょうね。

**ランドール** しかし、実際はうまくいきました。その式から階層性が得られ、また一つのプレーンを除去できることが示されました。しかし、次にそれが何を意味しているのか理解の難しい所がありました。それを積極的に考えようとしたと言うよりは、私たちはこういった大きな問題を日頃考えていたからなのですが、しばらくしてその意味がはっきりしました。

**向山** なるほど。

**ランドール** ご存知のように、プランク質量  $M_{\text{Planck}}$  について解いてみると、大雑把に言えば2番目のプレーンの位置には無関係です。余剰次元について考えてみたらこれは信じ難いほど驚くべきことです。それを理解したことで第3の論文となりました。

**向山** 分かりました。現在、あなた達のシナリオ、つまりランドール-サンドラム・シナリオは超弦理論で実現され得ると考えられています。私はKKLT<sup>6</sup>がワープした余剰次元の超弦理論によるある種の実現であると思っています。しかし、ある時点ではこの種のワープした余剰次元が超弦理論によって実現され得るのか、不明でした。実際、もし私の記憶が正しければ、ある種のno-go定理(否定的証明)

がありました。その時、どんなことを感じましたか？

**ランドール** 一時私はこう言っていたと思います。超弦理論から多くの興味深い成果が得られていますが、全てを第一原理から理解できるようになると考える傾向があると思います。私が模型作りが重要だと考える理由(実験との一致を調べることに加えて)の一つは、それが面白ければ、皆が一生涯懸命考えるようになるということです。

**向山** 正にそうですね。

**ランドール** 超弦理論で既に全て分かってしまったというのが本当なのか、あるいはまだ面白いことを見逃していることがあるかも知れないのか？ 私は超弦理論でできることは全て理解してしまったという可能性は、まあ低いだろうと思っていたので、余り心配しませんでした。また、ワープした余剰次元は、超弦理論で導くということが重要なものではありません。重要なのは模型そのものであって、私たちはそれを調べてみたいと思ったのです。私は、プランクスケールからTeVスケールに至る途中では多くのことが起こり得るし、既に全部を理解してしまったなどということはあるはずがないと考えています。

**向山** 分かりました。

**ランドール** 以前、超弦理論では正の宇宙定数は不可能だとも言われていたと思います。

**向山** そうですね。

**ランドール** 私が提唱したことは色々ありますが、それがうまくいくかどうか見極めるには、もっと一生涯懸命考えなければなりません。ある意味、模型というものは、「何か別の方法はないのか」と少し力を入れて調べる意欲を刺激するものです。私はボトムアップで模型作りをし



ている人たちとも、トップダウンで研究している人たちとも、この考え方を共有したものです。共通の立場を見出そうとしました。

#### 今後の課題は？

**向山** なるほど、それは素晴らしいですね。さて、理論物理学で正に最重要問題の一つである階層性問題に対して、考え得る一つの解答を提案された訳ですが、次の研究の目標を教えてください。どんな問題を解きたいと思っているのですか？

**ランドール** そうですね、本当に正しいかどうかは分かりませんが、それに、ご存知の通り私たちが解いた問題には色々な側面がありました。しかし、今現在はダークマターについて考えています。なぜなら、宇宙論的、天体物理学的、素粒子物理的観測の組み合わせでダークマターの正体を突き止めるためには、その全てを考えることが必要だからです。今日、セミナーで話しますが、私たちはダークマターの新しい模型をつくりました。ダークマターについては、未だ調べなければならぬアイディアが実に沢山あって、検出方法が違ってくる可能性があります

ます。それが一つです。また、私たちのシナリオが、本当に階層性問題に一つの答えを与えたのかどうか考えて直しています。まだ本当に正しい答えかどうかは分かりません。ですから、ここでもまだ考えるべき問題があります。

あなたは最近何を考えていますか？

**向山** まだ宇宙定数の問題に興味を持っています。

**ランドール** そうですか。

**向山** 宇宙定数問題については、以前一緒に研究しましたね。ある重要な側面に取り組む模型を構築しましたが…

**ランドール** 完全なものではなかった…

**向山** 本当の答えではありませんでした。

**ランドール** そうでしたね。

**向山** その方向を追究したいのですが、しかし同時に…

**ランドール** 別の方向では何を？

**向山** まだはっきりしているわけではないのですが、宇宙定数問題に対する挑戦は私の研究の長期的目標のようなものです。今現在はダークエネルギーに興味があります。

**ランドール** 似通った問題ですね。

**向山** その通り、互いに関連し

<sup>6</sup> S. Kachru, R. Kallosh, A. Linde, and P. Trivedi, *Physical Review D* 68 (2003) 046005

ています。結局は宇宙定数問題を解決することが必要で、それからダークエネルギー問題に取り組まなければなりません。

**ランドール** 恐らくそうですね。

**向山** それが私の直感ですが、今すぐ宇宙定数問題に取り組むのはまだ難しすぎます。それで今しばらくはダークエネルギーを考えようというのが私の姿勢です。

**ランドール** 分かりました。

**向山** さて、LHCに戻って、ヒッグス粒子が発見されたので、次は標準模型を超える新しい物理の発見が期待されています。あなたの視点では、何が最もエキサイティングなシナリオですか？

**ランドール** そうですね、勿論グラビトン（重力子）が見つければ嬉しいですね。しかし、加速器のエネルギーが低すぎるかも知れず、いずれずっと高いエネルギーの加速器がほしくなることが本当に心配です。というのは、統計的に言えば次の加速器で新しい物理に届く可能性は余り高くなさそうだからです。既に8 TeVに達しているのに、現在目指しているのはたった13から14 TeVなので、それほど余裕がありません。

**向山** そうですね。

**ランドール** それが懸念されます。勿論、この加速器が何かを発見し、私たちに何が起きているかを語ってくれるなら、それが何であれとてもエキサイティングなことでしょう。当然、新しい発見を期待しています。

#### 日本の若者へのメッセージ

**向山** 分かりました。今回で日本訪問は3回目か4回目と思いますが、Kavli IPMUには初

めてですね。

**ランドール** そうです。

**向山** 日本のサイエンスにどんな印象をお持ちですか？

**ランドール** 非常に優れた人材がいます。そういう中から、あなたのように一時的であったとしてもアメリカに来る人たちがいます。それはしっかり続いてほしいと思います。私の著書について言えば、2冊目は出版されたばかりで、まだ店頭に並んでいませんが、少なくとも最初の本には大変興味をもってもらえて、とても良かったと思います。日本の読者は世界でも一番科学に興味をもっている部類に属する人たちで、非常に結構なことです。

**向山** サイエンスの面では、私は特にKavli IPMUにいることを楽しんでいます。ここでは違う分野の研究者の間でのコミュニケーションが可能です。

**ランドール** Kavli IPMUの研究棟はここだけですか？

**向山** 他の研究所との共有ですが、第2研究棟があります。

**ランドール** 他の研究所とは？

**向山** 隣の建物が宇宙線研究所で、反対側には物性研究所があります。

**ランドール** 他の研究所とは何か交流がありますか？

**向山** 時々向こうのセミナーに参加する人がいますし、向こうからもこちらに来ます。宇宙線研究所にはKavli IPMUに併任している人たちがいます。また、東京大学の本郷キャンパスにある物理学教室とも交流しています。

**ランドール** 大分遠いのではないですか？

**向山** ええ、大分遠いのですが、通常私は毎週月曜日のセミナーに出ています。時々はこちらに来ますし、また、時々

東京圏の他の大学との合同セミナーも行います。ボストンでも似たようなことをしていたと思いますけれど…

**ランドール** 以前はそうでしたが、最近は余りしていません。忙しいためだと思います。ここでは随分セミナーがありますが、講師は日本人ですか？それとも外国人？

**向山** 半々だと思いますが、外国からの方が多いかもかもしれません。セミナーは英語で行われます。

**ランドール** それは結構なことですか？

**向山** ハーバードでは日常の雰囲気がとても刺激的で、多くのセミナー等があったと記憶しています。

**ランドール** ええ、今でも活発にやっています。ここでも研究上の交流は盛んですか？

**向山** はい。

**ランドール** それは素晴らしい。

**向山** 最後に日本の若者達に何かメッセージを頂けますか？

**ランドール** サイエンスに本当にわくわくしてほしいし、自ら考えることに夢中になってほしい。勿論、そのために他の人たちがしていることを理解しないということにはならないように、驚くような素晴らしいことがあればそれから良い影響を受けて学んでほしい。また、将来も日本が順調であることを期待しています。

**向山** どうもありがとうございました

**ランドール** どういたしまして。