

## Interview

# ブライアン・シュミット教授 に聞く

聞き手：メリーナ・バーステン

学部時代から超新星に興味を抱く

**バーステン** ノーベル賞の御受賞、おめでとうございます。

**シュミット** どうもありがとうございます。

**バーステン** さぞかしお喜びのことと思います。どういうところから始めて受賞に至ったのかを一から伺いたいのですが、なぜ超新星の研究に興味をもたれたのですか？

**シュミット** 私はアリゾナ大学で学部教育を受けたのですが、私の二人の指導教員の一人がジョン・マグローで、あるプロジェクトを進めていました。もう一人の指導教員はトム・スウィハートでした。私はジョン・マグローのプロジェクトを手伝ったのですが、1年もするとちょっとは使い物になるようになってきました。プロジェクトの一つの狙いは、観測デ

ータから超新星を見つけることでした。そのサーベイは初のデジタルサーベイでした。スローン・デジタル・スカイ・サーベイのように望遠鏡を動かさずに固定しておき、天球の回転に同期させて受光素子CCD上でデータを移動させ、積分するものです。私はデータから新しいものを発見するというアイデアが気に入りました。それで学部生の研究の一部として超新星の探索を始めました。

とはいえ、その仕事を博士論文のテーマにするつもりはありませんでした。ポブ・カーシュナーが第1回のマーク・アロンソン記念講演のためアリゾナ大学を訪れたのは、ちょうど私が最終学年を終える頃で、大学院はどこへ行こうかと考えていた時でした。カリフォルニア工科大学にしようか、カリフォルニア大学サンタクルーズ校にしようか、それともハーバード大学にしようか、最終的にこの3大学に絞ったのですが、どれとは決めかねていました。

結局はポブが来て超新星についてとても良い講演をしたので、私は「超新星を研究して博士論文にする気は全くなかったのだけれども、実に面白いことが分かったし、ハーバードに行けば彼と一緒に研究できる」と思いました。それで彼にこう言ったのです。「あなたと一緒に超新星を研究できるなら、ハーバードに行きます。」

ブライアン・シュミットさんは、元「ストロムロ山及びサイディング・スプリング天文台」として知られるオーストラリア国立大学天文・天体物理学研究科の特別荣誉教授です。「遠方超新星の観測による宇宙の加速膨張の発見」により、ソール・パールマター、アダム・リースと共に2011年のノーベル物理学賞を受賞しました。他にも多くの輝かしい受賞歴があり、特にソール・パールマター、アダム・リースと共に2006年のショウ賞を受賞しました。1993年にハーバード大学から博士号取得、1993年-1994年にハーバード・スミソニアン天体物理学センターで博士研究員、1995年にストロムロ山天文台研究員。

超新星の研究を始めたのはそういうわけです。

**バーステン** 最初はII型超新星の研究でしたね。

**シュミット** アリゾナ大学で学部生のときは、私たちはどのタイプかは気にせず、とにかく超新星を探しました。しかしハーバードでは、確かに私は博士論文のためにII型超新星を研究しました。私はボブ・カーシュナーが博士論文の研究に使った方法で、II型超新星を用いて距離を測定しました。私がハーバードに来たときボブが勧めたのは超新星1987Aを調べるプロジェクトでしたが、私は「いや、それとは別のことをしたいのです。ハッブル定数を測定したいのですが、昔あなたが博士論文の研究で開発した方法を使ってやりたいのです。」と言いました。それで私はその方法を改良することになりました。ボブには放射輸送のプログラムを用いて超新星爆発を非常に精度良くモデル化できるポスドクがいて、そこで私はロン・イーストマンと一緒にハッブル定数を測定する方法の改良に取り組んだのです。私が博士論文のために実際にやったのはそういうことです。

**バーステン** なぜ研究対象をIa型超新星に変えたのか、その主な理由を伺いたと思います。言い換えると、なぜHigh-Redshift(高赤方偏移)研究チームを立ち上げたのか、その動機となった主な理由を教えてください。

**シュミット** 私が博士論文を終えた時には、ハッブル定数の測定方法に伴う系統誤差が統計誤差とほぼ同じレベルで測定しました。私が感じたことは、既に得るべき答は得て、その方法で他にやれることは余りない、ということでした。ですから、私は他にやることを探して、II型超新星の元素合成量と質量及び爆発エネ

ルギーとの関係を測定することに より爆発がどのように起きるかを調べていました。

1994年にマリオ・ハムイが訪れて、彼らがチリでやった研究を見せてくれましたが、本質的な点は私がII型超新星を使って得た結果より、大雑把に言えば2倍か3倍良い精度で距離を測定するためにIa型超新星が利用できるということでした。同じ頃、ソール・パールマターが電話で我々に調べてもらいたいものがあると言ってきたのでMMT(Multiple Mirror Telescope、アリゾナ州のMt. Hopkinsにあり、スミソニアン協会とアリゾナ大学が共同運営)でスペクトルを測定しました。その時私は実際はハーバードにいて、測定したのはボブ・カーシュナーとピート・チャリスとアダム・リースでしたが、彼らが「これは高赤方偏移の超新星だと思う。」と言うので、私も行って解析しました。そして同じ答を得たのです。

やがてソール・パールマターから探り出したのですが、我々が測定した高赤方偏移の超新星は、彼らが発見した7個のうちの1個であることがわかりました。彼らは1988年から探し続けていて、突然7個も見つけたのです。高赤方偏移の超新星を発見できるのだということは私にとって本当に目を見張るようなできごとでしたし、私たちはどうやってそれを利用するか知っていたのです。こういったことがわかった時、私はその頃やっていたこと全てを文字通り放り出し、「今こそ減速パラメーター  $q_0$  を測定する好機だ」と言ったのです。私にとってそれは絶対やるべき大仕事で、考えら

メリーナ・バーステンさんはKavli IPMUの博士研究員で、超新星爆発の計算機シミュレーション及び理論的研究を行っています。



れる限り最高にエキサイティングなことでした。宇宙の究極の運命を測定することだったのでから。その測定のために私はやりかけの研究を全て投げ捨てました。

**バーステン** その時あなたはとても若かったですね。それが研究計画のリーダーになる上で問題になりましたか？

若さの特権、パーティーでも計画するように高赤方偏移チームを組織

**シュミット** 確かに私はチームリーダーでしたが、従来とは違う意味でのリーダーでした。皆に何をせよと命令する司令官ではなく、一緒に働く友達同士の合意で選ばれたリーダーでした。人を組織する必要はありましたが、パーティーでも計画するようなものでした。「来てよね」と声をかけるだけで来てくれます。単にそういうものですから。それはもう全く私が司令官なんてものではありません。

27歳が問題だったかと言えば、そういうこともありました。私には外に出て行って我々の活動全体を賄う研究助成金を手に入れる力はありませんでした。それぞれのグループは自前で多少の資金を手に入れて参加し、一緒に働いたのです。私たち全員が一緒に使える計算機ハードウェアをまとめて揃えられなかったことは問題でした。私たちは本当に本当に一生懸命働いて何とかそれを乗り越えました。しかし、それは私のような若輩が何かを成し遂げようとする場合に出会う困難の一部にしかすぎません。良かった点は、私はこの研究だけに集中したことです。私だけでなく、アダム・リースもピーター・ガーナヴィッチも皆若くて、この研究に集中しました。私たちは

日夜を問わず唯一この研究に集中して働きました。私たちは他のことに邪魔されることがなかったこと、それこそ私たちが研究を進展させることができた理由の一つです。

**バーステン** 方法論について少しお話しただけでないでしょうか。それから望遠鏡を何台使ったのでしょうか。また、研究を実施する上で何が一番困難な作業だったのでしょうか。

**シュミット** 1994年に研究を開始した時には新しいCCDが出ていましたが、私はニック・サンツェフと話すためにチリにいました。彼はどうやってIa型超新星を使うかを明らかにしたカラントロロ・サーベイ(チリ大学とセロ・トロロ汎米天文台の共同超新星サーベイ)の主演の一人でした。私たちはCTIO(Cerro Tololo Inter-American Observatory、セロ・トロロ汎米天文台)の4メートル望遠鏡を使う議論をしました。CTIOの4メートル望遠鏡は新しい2000×2000、つまり400万ピクセルのCCDを搭載していました。私はセロ・トロロでは11月から3月までほとんど晴れるということを知っていました。超新星を探索する場合、一つの問題は爆発前と爆発後の2つの画像が必要なことです。もしどちらかが曇りの日に当たったらどうしようもありません。もう一方の日は無駄になります。もし2日目が曇りなら、1日目の画像は放置されます。

私たちが必要とするのは、2夜ともに晴れることが保証される場所です。チリのアタカマ砂漠はそういう良い天気保証される本当に唯一の場所でした。加えて新しいCCDをもっているということは、私たちのやりたいことができるということを意味していました。そして、勿論、セロ・トロロの研究チームといえ、私

たちは彼らの測定器と望遠鏡を熟知していました。私たちはそこで観測することに決めました。その時点ではソールの研究チームはまだセロ・トロロの可能性に気づいていませんでした。私たちが観測を申請し、最初の発見(超新星1995K)をした後、彼らもCTIOで観測する当然の利点に気がつき、多分こう考えたでしょう。「うーん、なんと良い場所なのだろう。我々もあそこでやるべきだ。」

実際に超新星を発見するのはとても困難な作業でした。私の書いたソフトウェアはあまり良いものではありませんでした。動くことは動きましたが、書いたのも動かしたのもオーストラリアでした。しかし、チリの計算機に持ち込むと動かないライブラリーがたくさんありました。OSが違うことが原因で、あらゆるものが動かなくなりました。それはもう全くの悪夢でした。計算機システムが変わるので、私が現地に行く度に違うトラブルが起きたものでした。結局、それが一番大変なことでした。それからハワイに行きましたが、同じことが起きました。やはりいろいろ動かないものが出ました。私たちにはソフトウェアを移植し安定に働かせるホームベースというものがなかったので、超新星を発見するために乗り越えなければならなかったその努力というものは、本当に、本当に悪夢でした。

1995年にはハワイのケック(Keck)天文台の10メートル望遠鏡を使う権利が私たちにはないという別の問題が起きました。さて、1995年にESO(European Southern Observatory、欧州南天文台)のNTT(New Technology Telescope、新技術望遠鏡)を使って、ブルーノ・ライプントグートとジェイソン・スピロミロが私

たちの赤方偏移0.48の超新星のスペクトルを非常に良い条件で何とか測定しました。彼らはほとんど一晩中かけて測定し、データ処理にほぼ一月かけて、その超新星が実際Ia型であると分かりました。しかし、非常に良い条件で一晩中かかったわけで、実際問題として4メートル級の望遠鏡では、こういった高赤方偏移の超新星のスペクトルを首尾一貫したやり方で測定するには小さすぎるのです。

そのうち、ケック望遠鏡が稼働し始めました。ソール・パルマターのグループはケック望遠鏡を使えたので、1995年には完全に私たちを圧倒してしまっただけです。1995年の末には高赤方偏移超新星の探索を終え、全部のスペクトルを測定できたのです。私たちは一群の高赤方偏移超新星を見つけていましたが、そのスペクトル測定はできなかったのです。私たちはそのうちの2個についてお粗末なスペクトルを得るだけで終わり、彼らは多分11個についてスペクトルを得ていました。「参った、ケック望遠鏡なしではとてもかなわない」と私はとても悩みました。実は1995年の始めにアレックス・フィリペンコが私たちの研究チームに入れて欲しいと頼んできたのです。彼は私たちの研究チームと競っているパークレーの所属でしたから、私はこう言いました。「いや、あなたはパークレーで研究を続けなければいけないよ。私はあなたを引き抜くようなことはしたくない。」1995年の末に再び彼から電話がありました。「是非あなたの研究チームに入れてくれませんか。私はあなた達と同じ超新星の物理屋なんですよ。」その時点で私は「オーケー」と言いました。なぜならケック望遠鏡なしではソールにかなわないし、ア

レックスは超新星とそのスペクトルに関する知識で私たちの研究チームに大きく貢献できたからです。

**バーステン** ケック望遠鏡を利用するにはパークレー所属であることが必要だったのですか？

**シュミット** パークレーとカリフォルニア工科大学、それからカリフォルニア大学の各校がケック望遠鏡を利用できました。その組織全体で、超新星を研究していたのはアレックス・フィリペンコだけでした。いや、勿論、ソールのグループもですが。私たちにあって、彼は同じ文化を共有する者であり、彼が再度電話してきて「私はまだあなたの研究チームに入れてほしいのです」と言ってくれたおかげで、私たちは救われました。アレックスとスペクトルを測定する彼の能力がなかったら、私たちは全く競争できず、生き残れなかったでしょう。

**バーステン** 宇宙の加速膨張を発見したとき、どんな感じを受けました？その結果の意味することを即座に理解したのですか？

1997年にデータが示した加速膨張を確信できたのは2000年

**シュミット** そうですね、私たちは宇宙定数が宇宙を加速的に膨張させることは知っていました。それが宇宙定数の主要な効果です。それを私は大学で学びましたが、こういう風に繰り返し教えられたのです。「へまをした連中を良く見ろ。皆いい加減な観測をして宇宙定数だと思い込んだのだ。」実のところ、私は余りにしなかったのです。宇宙論で流行している冗談のようなものだったですね。

1997年の末にアダムがはっきり宇宙定数を示している図を私に送ってきましたが、私は単に何か間違いをしたのだと決めてかか

りました。「おっ、宇宙定数だ!」とは言わず、「あ、何を間違ったのだろう?」と言ったのです。私たちは一つ一つチェックしていったのですが、そのうち突然「いや、これは消えないぞ」ということがはっきりし始めました。何度も何度も全てを洗い直しましたが、どうしても消えませんでした。そこで私は事実を認めて「オーケー」と言い、それから「これを発表しなければならぬけれど、誰も信じてはくれないだろう」と震えてきました。

同時期、1997年にソール・パールマターのグループが宇宙は減速膨張していると主張する論文を発表しました。私たちのほとんどでもない結果で、彼はまともに見える結果を得つつある。私はどう考えたら良いのか分かりませんでした。そして、私たちは突然、ソールの答はほぼ私たちの答と同じになるということに気がついたのです。彼はそれを知りませんでした。私たちに分かったのです。というのは、彼が予備的な形でしたが、ある講演でそれを示したからです。彼のデータは実質的に変わっていたのです。正直に言うと、私は自分たちのデータのもつ意味を知っていましたがまだ確信が持てず、何か私たちが見落としているものがあるに違いないと考え続けました。「何かあるに違いない。私たちだけでなく、私たち以外にもこの研究分野で誰一人として思いつかなかったことが。」

**バーステン** 何か間違っているかもしれないという感覚が変わったのはいつのことですか？

**シュミット** 2000年まではその感覚は完全には消え去りませんでした。実は6ヶ月後に私はこう言ったのです。「オーケー、多分我々は正しいだろう。全くばかげたことをやってはいない。」2000

年になって宇宙マイクロ波背景放射の観測結果が出て、宇宙は明らかに平坦だということを示しました。それを見た時、私は気がつきました。私たちの観測結果が示すものは宇宙の加速膨張以外ではあり得ないと。宇宙マイクロ波背景放射の結果が後押しをしてくれて、考えられる唯一の解は宇宙の加速膨張となったのです。その時点で私は言いました。「何ともはや、我々は正しかった!」それは2000年の5月で、ブーメラン実験とマキシマ実験の結果が出て、宇宙マイクロ波背景放射の最初のピークをはっきりと示したのです。私は「ワーオ、我々は正しいぞ!」と言いました。それ以前は全く確信が持てませんでした。

**バーステン** ノーベル賞の予感はありませんでしたか？

**シュミット** いやいや、誰もノーベル賞を予期したりしませんよ。私にとっては本当に驚きでした。なぜなら、宇宙が膨張加速していることを発見したら、当然何が原因なのかとなりますよね。ダークエネルギーと呼んではいるけれどまだ全然分かっていません。私が生きている間に分からなくて驚きませんよ。それが分からない限りノーベル賞には値しないだろうと思っていました。それなのに見事に間に合って生きていたのですよ、受賞したことはちょっとびっくりしました。言い換えれば、私は電話を待ったりはしていませんでした。

**バーステン** ノーベル賞を受賞したことはどうして分かったのですか？

夕食の料理中にストックホルムから電話

**シュミット** ノーベル委員会はストックホルム時間の午前11:45

に受賞者を発表します。私は当時知らなかったのですが、勿論今は知っています。オーストラリア時間では午後8:45です。息子の運動会での外出から帰宅して、私は妻と夕食を料理していました。一緒にタイ風グリーンカレーを作っているところで、私は強火で炒め物をしていました。そこに電話が鳴ったので出たところ、スウェーデンなまりで「シュミットさんですか?」と言うのです。

実はその日早い時間に、私の大学院学生が結婚式の招待状を届けに来たのですよ。彼の結婚式は12月10日でした。その彼がこう言ったのです。「今夜電話がかかってきたら、用事があると言って下さいね。」私は彼の顔を見ましたが、何を言っているのか分かりませんでした。で、「どうしてだね?」と聞いたら、彼は「今夜スウェーデンの連中が電話してきたら、用事があると言って下さい。」と言うのです。なぜなら、彼の結婚式はノーベル賞の授賞式の日だからということが分かりました。実は私はまだ少し混乱していたのですが、彼がそう説明してくれたのです。帰宅後私が受けた電話はスウェーデン人の女性からでしたが、正直に言えば、最初これは私の学生のいたずらだと思いました。つまり、私をだましてやろうと朝方仕組んでいたなと思った訳です。

私が「はい、ブライアン・シュミットです。」と言うと、彼女は「本当にシュミットさんですか? 今スウェーデンから電話をかけていますが、とても大切な用件なのです。」と言うのです。変な言い方ですね。まだこれは冗談だと思って「シュミットに間違いありません。」と答えました。そうしたら、彼女はずっと年配のスウェーデン男性に代わって電話に出るように頼んでいるので、私は



「ウーン、あいつがいたずらするためにスウェーデン人を2人も手伝わせたことができたとは信じられないな。」みたいな感じでした。それで彼らの話を聞いたところ、それはいたずらではなかったことが極めて明白になった訳です。実のところ、私は最初の子供が誕生した時と非常に良く似た気分でした。とても興奮して、興奮すぎて胃がむかむかしてきました。

**バーステン** 想像できます。ノーベル賞を受賞して、あなたの研究者生活はどんな風になりましたか？

**シュミット** そうですね、ノーベル賞によっていろいろな機会に遭遇するという点が変わります。でもそれは必ずしも研究上の機会が増えるという訳ではありません。実際は研究に対しては差し障りがあると言えます。というのは、研究の進展には本質的に時間が必要だからです。若い人たちはそれをもっています。つまり現場で問題に集中し、答を出す時間です。ノーベル賞がもたらす

ものは、色々な人たちに自分のアイデアを話す機会が増えるということです。政府に対して科学の重要性、教育の重要性、国の科学の進め方の大方針等について建議する機会を与えてくれます。

でも、すぐ分かりますが、私がスカイマップという小さな望遠鏡の性能を向上させるための役には立ちません。しかし、科学に対する私たちの取り組み方を国家レベルで改善する機会を与えてくれると思います。昨年一年間を通じて、私はそういったことのため、つまり、政府要人と会合をもち、教育システムを重視すべきこと、高校での物理の教育法、大学への資金配分法、研究資金の配分法、なぜ研究への財政支援が重要か、等々の説明のため、多くの時間を費やしました。

ノーベル賞について別の観点ですが、結構影響力のある存在だということです。私にとっては何というか、無意味なのですが、しかし自分がそうであるという感じは受けました。私は若い頃何

人かノーベル賞受賞者に会いましたが、本当に刺激され啓発されました。なぜかは分かりませんが、全くそうだったのです。今や私がその一人となって、ノーベル賞受賞者であることが影響力をもつ理由が分かったと思います。彼らはまるで発見の一部分のようなものなのです。まるで私が私ではなくて誰か他人の体を借りているような奇妙な感じなのですが、でも大事なことなのです。人を啓発するような影響を与えることは本当に大事なことです。ハンス・ベーターやダドリー・ハーシュバックやその他私が若いときに会った人たちが私に対して与えてくれたことをするのが私の役割であると思っています。彼らに会い、啓発されたことが私の成長の重要な要素だったからです。

**バーステン** 私も刺激を受け啓発されたと思います。

**シュミット** まあいづれ分かるでしょう。

**バーステン** あなたに Kavli IPMU を十分知っていただけの時間は無かったと承知していますが、どんな印象をもたらしたか聞かせていただけますか？

**加速膨張宇宙を研究する上で有益なKavli IPMUの多様性**

**シュミット** そうですね、私がすごいと思うのは、ここでは色々な人たちに会うことです。私は度々日本に来ています。いつも思うことの一つは、日本人ばかりいて、違うのは偶々その日に来ている人だけだということです。それがKavli IPMUでは信じ難いほど多様で、世界中から人が来ているのが一目瞭然です。建物はピカピカに新しく素敵だし、設備もとても良いですね。コーヒータムには活発に議論が交わされます。皆オフィスに閉じこもりきりというのを私は随分見かけたも

のですが、ここではそういうことはありません。本当に活気にあふれていると思います。良くも悪くも驚くほど西洋的です。しかし、それでも日本的ですね。つまり、日本的でないと言えるほど西洋的だという訳でもないですね。

**バーステン** ええ、お茶が出ます。緑茶ですよ(笑)。

**シュミット** そうですね。私は東京から随分離れていると思っていましたが、実際はここに来るのは予想していたよりずっと簡単ですね。それと、勿論紅葉がきれい、良い時に来ました。

**バーステン** 私もそう思います。ここでは超弦理論の人たち、数学の人たち、天文の人たちなど、違う分野の人たちが一緒に研究しています。こういう形の交流が、例えば宇宙の加速膨張を例にとってみると、大きな発見とかをするのに役立つと思われますか？あなたご自身、それについての深い理解を得るのに、他の分野の人たちの交流が役立つということはありませんか？

**シュミット** 加速膨張宇宙は天文学と基礎物理学にまたがる問題ということが極めて明白なため、特殊なケースと言えます。天文学者として私は宇宙がどのような動きをしているか知っていますし、その観測法を知っています。しかし、多分そこには全く基礎的な超弦理論、あるいは場の量子論と重力理論が関わっています。一体何が宇宙の加速膨張を引き起こしているかといったような問題は、理論を…天文学の理論ではなく、素粒子物理学理論ですが…天文学者のもつ知識と結びつけない限り解決できません。私はそういった問題を天文学者が他の分野の研究者と一緒に研究できるということは非常に役に立つと思います。

主として天文学の問題もあり、

また主として物理学の問題もあります。しかし、別の分野で発達した技術で有用なものもあります。装置の製作方法についての技術を天文学者が開発したものが素粒子物理に役立ったり、その逆の場合もあります。役に立つデータ処理技術があります。数学者なら一般的に知っているような統計解析の技術があります。私たちが解くべき問題はどんどん大きくなるので、本当に広い視野で見ることが必要です。周りに専門的な技術をもった人たちがいると、自分の分野を超える問題をどうやって解決するか見通しが得られるので、とても助けになります。そういう問題解決の場は、新しいアイデアを採用して取り込めば、革命的な新しい知識を得られるかもしれないところなのです。それが同じ分野だけでなく、関連分野の人たちが一緒にいることの利点です。

**バーステン** 私もそう思います。では次に、現在されている研究と、解決したいと考えられている根本的な問題は何かということ伺いたいと思います。

現在は南天の精密測光サーベイプロジェクト、スカイマッパーのリーダー

**シュミット** 天文学者として常に私が注目しているのは、ユニークだと思うことを研究できる場です。私は2002年に、スローン・デジタル・スカイ・サーベイが北半球でやったことに類似した方法で南天をマッピングするプロジェクトを開始しました。残念なことに私の天文台は火事を起こし、このサーベイを行うはずだった望遠鏡や装置類が壊れてしまいました。それで私は2003年以来、スカイマッパーと呼ばれるマッピング設備の新しい望遠鏡を再建するプロジェクトを率いてい

ます。スカイマッパーは南天の非常に精密なサーベイを狙っています。

超新星爆発を観測できて、他に誰もやっていないような高精度で近傍宇宙の超新星マッピングを行えます。また銀河の物理も研究できます。つまり、銀河はどのように形成されるのかですが、こういう風にします。私たちの銀河系内でビッグバン直後に形成された超金属欠乏星を選び出すことができるので、それらを総合して超新星爆発が我々の銀河をどのように豊かなものにしたのか、そして私たちの銀河がどのようにして形成されたのか研究できます。それが今私がほとんどの時間を費やしているプロジェクトです。観測データはベタバイト近くという大量のものになります。

**バーステン** 今なさっているプロジェクトでは、超新星だけでなく銀河にも焦点を合わせ、むしろ後者が主たる目標だと仰るのですか？

**シュミット** 多分、このプロジェクトには幾つかの目標があると言えます。スローン・デジタル・スカイ・サーベイの主目的は宇宙の大構造でしたが、期待された研究のかなりの部分はオーストラリアでの（アングロ・オーストラリアン3.9m望遠鏡を用いて行われた視野が2平方度の）2dF赤方偏移サーベイが先にやりました。しかし一方でスローン・デジタル・スカイ・サーベイは当初の期待以上の成果を上げました。予想もしなかった分野に大きな影響を与えたため、それは突き詰めれば何でもやれたからです。宇宙の大構造、小惑星、恒星、銀河、そしてついには超新星の研究で、実際非常に良い成果を上げました。

私がスカイマッパーでとても興味があるのは、金属欠乏星で私



たちの銀河の誕生を探り出すことと、それから超新星の研究も色々できることです。年に数百個の超新星を発見し、それらについて今までで最も包括的といえるデータを取得できるのです。一つ一つ、全部スペクトルを測ります。それは超新星の物理を理解するための宝の山で、私の心情にとっても近いものです。しかし、私は本当に天の川銀河の金属欠乏星をしらみつぶしに調べて一つ残らず見つけ出すことができ、天の川銀河がどのように形成されたか、重元素を創り出す超新星が初期の宇宙を如何に豊かなものにしたかを明らかにできていると思っています。私はそれにもとても興奮を覚えます。プロジェクトの目標の一つがそれです。

他にも本当に色々研究できるのです。天の川銀河内の巨大ブラックホールに近づいたために放り出されてしまった星を見つけることもその一つです。スカイマッパーはこういった星を銀河の外縁部で系統的に探して見つけるこ

とができます。なぜならあるべきでない所にある星があり、スカイマッパーは星の半径と温度と化学的組成を測定できるのでそれが分かるからです。半径と温度から星の光度が分かり、従って距離が分かります。銀河の外縁部を調べて、文字通り選び出すことができ、「この星はこんな遠くにあるのに化学的に豊かな組成を持っている。そこにいるべきではないのに、なぜだろう?」と考えます。そういう星を調べると、必然的にブラックホールによって天の川銀河の中心から投げ出された星であることが分かります。こういう星をたくさん観測すると、例えば銀河中心から直接投げ出されたため、現在の位置に来るまでにどれだけ減速したかを測定できます。また、天の川銀河のブラックホールが互いの重力で結ばれたバイナリーなのか、それともたった1個なのか教えてください。なぜならもしバイナリーだとすると…

**バーステン** 銀河中心のブラック

ホールですか？

**シュミット** ええ、中心の巨大ブラックホールで、それはバイナリーかもしれない。もしバイナリーだとすると、投げ出される星の方向は全方向等しいということにはならず、平面内に投げ出されるので、バイナリーかどうかを調べるには良い方法です。こういう研究は最高ですね。

**バーステン** 超新星の研究分野でノーベル賞を受賞したことで、新しい超新星の研究プロジェクトを進めようという機運が強まるとお考えですか？ その意味でも一つご意見を伺いたいのですが、今後もIa型超新星を使ってもっと精度を上げる可能性はあるのでしょうか。

**シュミット** そうですね、私が研究してきた間、超新星の研究分野はものすごく発達しました。私は1993年に博士号を取得しましたが、文字通り世界でただ一人その年超新星で学位を取った人間でした。超新星研究者は数えるほどだったからです。その当時超新星の研究をしていたのはごく僅かでしたから、その頃からやっている人たちは全員知っています。宇宙の加速膨張の発見以来、超新星研究者ははとも増えました。もはや全員を知っている訳ではありません。行われている研究を全て知っている訳でもありません。多すぎるので絶えず注意している訳にはいかないのです。

ノーベル賞がそういう状況を変えようとは思いません。既にノーベル賞受賞以前から起きていたことです。Ia型超新星については、まだ面白いことができると思います。ただし、Ia型を使って更に高赤方偏移を研究することは、もうかなり困難だと思います。既に行われた観測は十分に良いもので、今や系統誤差によって限界にき

ています。しかし、近傍宇宙にはまだそれほど多くのIa型超新星が観測されていないスイート・スポットというべき領域があります。観測されてはいても、高赤方変移のIa型超新星のように注意深く一様に観測されてはいません。私はそこにまだ好機があると睨んでいて、スカイマッパーを用いて近傍宇宙の加速膨張を非常に精度良く観測し、遠方のIa型とより良く結びつけることができるようにしたいと思っています。うまくやれば、宇宙の加速膨張についての誤差を恐らく現在より2倍程度改善できると思います。

**バーステン** 近傍とは具体的に？

**シュミット** 赤方変移で0.03から0.1までです。超新星が研究の機会を与えてくれるものも一つあると思います。遠方での重力の様子を測定することです。ダークエネルギーに潜む問題の一つは、実はダークエネルギーなどというものではないかもしれないということです。非常に長距離では実はアインシュタインの一般相対論がほんの少し違っているということであれば、もしかすると私たちがテストすることは可能です。超新星は距離を非常に精度良く測れますから、距離と膨張率を比較することにより重力によって誘起された速度が測れることとなります。

数百個測定すると、実は超新星を試験粒子として宇宙の各点の平均的な運動を測定できるのです。それにより数百メガパーセクという長距離での重力の振る舞いを測定する途が開けます。現在のところ、これを行う良い方法としては事実上超新星を用いるのが唯一の途です。これは今までテストされなかった領域で一般相対論をテストする方法で、私たちがスカイマッパーでやって

みようとしているもう一つの面白い研究です。

**バーステン** 超新星研究の分野で、もしも解決したら宇宙の加速膨張のように革命につながるかもしれないという問題を特定できますか？

#### 未知から起きる科学的革命

**シュミット** 革命とは普通は驚きとして姿を現すと思います。簡単に予言できるようなものではありません。もし予言できるとすればそれは革命ではありません。基本的なことは幾つかあります。現在まだ、何がIa型超新星を発生させるのか、分かっています。Ia型超新星を爆発させる原因は何でしょうか。それが分かったらダークエネルギーに革命が起きるかといえば、そんなことはありません。しかし私たちはそれを解き明かそうともう20年も研究を続けてきましたが、未だ謎のままです。連星系の一方が白色矮星が供給されてチャンドラセカール質量に達して爆発するのでしょうか？二つの白色矮星が接近してチャンドラセカール質量を超え、爆発するのでしょうか？一方からヘリウムが供給され、チャンドラセカール質量に達する前にヘリウムの爆轟によって吹き飛ばされるのでしょうか？回転が重要で、やや遅くなってから10億年後に成長が止まって吹き飛ぶのでしょうか？これらは皆議論が上がっているシナリオで、どれが正しいか分かりません。

これほど多大な努力が払われてきていることは、ただただ目を見張るばかりです。しかし、本当にうまくゆく答えはまだないように見え、それこそ大きな問題だと思います。では、これは革命でしょうか？ いや、革命は驚きから

来るものです。私たちはでき得る限り最善の努力を続けてゆくべきであり、そうしているうちに全く思いもよらない所から驚きが姿を現すでしょう。それこそ基礎科学の美しい点であり、基礎科学が重要な理由です。革命は予言できるものではなく、将来が未知であることから来るものなのです。

世間では「なぜ政府は良く分かっていることだけに予算をつけないのだろう？なぜ基礎科学に投資するのだろう？なぜXやYやZの改良に資金を投じないのだろう？」といったことが言われます。その答はこうです。もし分かっていることだけをやろうとするなら、単にXやYやZが改良されるだけです。インターネットは発明されないでしょう。オーストラリアの天文学者が発明したWi-Fiが発明されることはないでしょう。基礎科学から得られる革命というものは起きないでしょう。応用と基礎のどちらも必要ですが、革命は未知から起きるものです。

**バーステン** どうもありがとうございました。もっと伺いたいことはあるのですが、そろそろ時間のようです。

**シュミット** そうですね。ありがとうございました。