



## IPMU Interview

# ジョージ・スムート教授に 聞く

聞き手: 杉山 直

IPMUは研究のために滞在したくなる場所です

**杉山** ではIPMU NEWSのインタビューを始めましょう。

**スムート** OK, 昨日はデエイミアン・イーサン、ポール・フランプトンと一緒に書いた、私たちのIPMUで最初の論文を投稿しました。論文の表題は「エントロピー的な加速膨張宇宙」です。宇宙の膨張が加速している理由は宇宙の地平のエントロピースクリーンが原因であり、地平を増大させればエントロピーも増大し、地平上で $TdS/dr$ という外向きの力が得られます。これは宇宙定数 $\Lambda$ と同じような結果を与えます。

面白いことには、最初昼食に行ってデエイミアンに会い、次にティータイムでポールに会ったのです。彼らはVerlindeの論文について話してくれました。私は一緒にその論文の勉強会をしようと

ジョージ・スムートさんは、カリフォルニア大学バークレー校で物理学教授とバークレー宇宙物理学センター長を務めています。また、2008年12月以来、韓国の梨花女子大学校に創設された初期宇宙研究所の所長でもあり、さらに2010年からはバリ第7大学の物理学教授も兼務しています。スムートさんは2006年にジョン・マザーと共に「宇宙マイクロ波背景放射の黒体放射スペクトルと非等方性の発見」によりノーベル物理学賞を受賞しました。このほか、2003年にアインシュタイン・メダル、2009年にエルステッド・メダルを受賞するなど、多くの輝かしい受賞歴があります。

言い、早速2/3を読みました。翌日、藤原交流広場でのティータイムで私は、重力を基本的な力ではなく、派生した力として説明しようとする人たち同様、ダークエネルギーを派生した力として説明するモデルを創るべきではないか、と言ったのです。そうやってダークエネルギーを導くべきなのです。するとポールが「直ちに論文を書くべきだ」と言いました。で、彼が書き始め、私も一つの章を受け持ちました。この論文は、まあ全体的に厳密というよりは直感的な議論なのですが、とにかく私のIPMUで書いた初めての論文です。

**杉山** IPMUで大事なことは、研究者の最大限の交流ですから、それは間違いなく最良の具体例の一つですね。IPMUについてどうお考えですか？

**スムート** IPMUがとても気に入りました。すごく大きくて立派です。これ程速く国際的に成長したことには本当に感心しています。こんな素晴らしい場所に滞在して研究したいものです。藤原交流広場というアイデアは特に気に入っています。

また昨日は、文部科学省の高官にお会いしました。私はIPMUが如何に良いモデルであり、また如何にしっかりとした基礎を築いたかをお話ししました。私がお話した中で大変重要だと思っているものの一つは一般市民との関係です。市民に発信し、支

持を得ることが大事ですが、それだけでなく、若者が科学者を目指すように励ますことも大事です。二、三日前に京都大学で講演しました。講演後、教授達数人との夕食会で、私はこう聞いたのです。「あなた方はなぜ物理学者になったのですか？」最初の答えは「私の少年時代に湯川博士がノーベル賞を受賞したのです。」でしたが、3人続けて同じ答えでした。その場のほとんどの人が、湯川秀樹博士が日本で非常に尊敬されていることに強く影響されたのです。彼らは同じように尊敬されたいという夢を持ち、湯川博士と同じ道に進んだのです。

**杉山** あなたは若者を宇宙論に導くのうってつけの人ですね。

韓国の初期宇宙研究所はIPMUのパートナー

**スムート** そうですね。実際、若者たちを励ましていますが、宇宙論だけでなく多くの面白い分野があると思っています。私がお会いした文部科学省の方はWPI拠点をもう一つ作ることを話していました。私がお話したことの一つは、IPMUの良い点は多数の学問分野から研究者を集めているということです。もしエネルギー、気候、合成生物学といった分野を考えているなら、非常に異なる学問分野からの研究者を集めることが必要でしょう。IPMUはこれらをどのようにまとめ上げるか、手本を示しています。

韓国でも私たちは同じようなアイデアをもっていました。研究棟のワンフロアの外周部に全研究者の研究室を配置し、中央に交流スペースを置いています。その壁は全部ガラスですが、部分的に磨りガラスにしてあって、黒板のように書くことができます。IPMUと似たアイデアですが、ずっと小規模です。

**杉山** どんな分野ですか？

**スムート** 初期宇宙研究所です。ですからIPMUのパートナーといえますが、規模ではIPMUの10分の1、予算もずっと少ない小規模のパートナーです。研究者の給料は大学で決められているので、それを超える給料を提示することはできません。助教授以上が10人で、あと2つポストがあり、ポスドクが10人います。結構な数ですが、IPMUとは比較になりません。明らかにIPMUの方が大きく、もっと国際的です。

**杉山** 外国から研究者を呼べますか？

**スムート** 一生懸命やっていますよ。韓国人はほぼ半数で残りは外国から来た研究者です。しかし、IPMUはこの点実にうまくいっていますね。一つには村山さんが非常に活動的なことによるものですが、外国人研究者が生活できる待遇を約束していることも理

杉山 直さんはIPMUの主任研究員の一人で、また名古屋大学大学院理学研究科の教授を務めています。



由の一つです。大抵のところはそういう便宜を図らないのですが、IPMUは外国からビジターを呼ぶにはどうするべきかはしっかり認識して、こういう良い宿舎を用意し、滞在費を出せるのは立派なものです。研究者は来てみたくなりますよ。いずれにせよ日本に来るのは興味のあることですが、IPMUはとても大きくて研究者もビジターも大勢いるので、多くの人たちと会うために訪ねてきたくなることです。実際、私はCERNやアメリカや中国や日本から来た、いろいろな人たちに会いました。本当に人が沢山いて、多くの話が聞けます。多すぎて全部の話を聞きに行けないほどです。

**杉山** まさにIPMUは国際的な研究拠点となる資質をもっています。これはとても重要なことです。

**スムート** そのとおり、明らかにその方向に向かっていきます。今は理論に非常な強みを発揮していますが、村山さんはすばる望遠鏡とHyper Supreme-Camによる観測に進もうとしています。私たちが韓国でやろうとしていることと同じですね。私たちはBigBOSS計画に参加するための調印を終えたばかりです。

**杉山** IPMUに助言することがありますか？

**スムート** IPMUはとてもうまくやっていると思いますよ。海外の研究者がもっと来るようにどんどん呼びかければ良いでしょう。

**杉山** どこか他の場所で研究者に会ったときに、IPMUを訪問するように勧めようという気になりますか？

**スムート** 私のポストドクにそう勧めて、既に3人IPMUを訪問しました。多分、今年中にと2、3人来ると思います。フランスでも同僚に話しました。私は彼らから村山さんに伝えるように頼まれたのですよ。フランスはIPMUと

の関係を構築したいと思っている。フランスの研究者はとても興味をもっています。

#### COBE-DMRはこうして始まった

**杉山** あなたがIPMUに好印象を持ってきていて、私たちはとても嬉しく思います。ここで歴史的なことに話題を変えたいのですが、あなたはいつ、どのようにしてCOBE(コピー)のDMR(差分マイクロ波放射計)チームを立ち上げたのですか？

**スムート** そうですね、私は最初、例えば宇宙に反物質があるか探索するような、宇宙論に関わる初期の実験をしていました。気球による宇宙線実験で反原子や反原子核を探したり、またガンマ線観測も行いました。

それから新しいもっと良い方法で実験することを考えて、ルイス・アルヴァレスに会いました。その頃彼がそういった分野全体の責任者だったのです。ポストドク4人で会いに行きました。彼はこう言いました。「次の実験に取りかかる前に、君たち全員がなすべきことは、君らのアイデアは沢山のアイデアの内のたった一つであると考えよう。他に何ができるか、何が既に発見されているのか、どんな新しい技術が現れているのか、どんな新しいアイデアがあるのか、よく調べてみなさい。なぜなら、君たちのできることが他にもあるのだから。」それからこう言ったのです。「君たち全員、1〜2ヶ月外に行って他に何ができるかを勉強して来なさい。」

そこで私たちはいろいろ調べてみました。考えたことの一つはコンプトンガンマ線望遠鏡でしたが、それがやっと可能になったのは最近のことです。またベータ崩壊スペクトルの終端を測定して

ニュートリノ質量を調べるアイデアもあり、それを実行した者もいました。我々がたどり着いた別のアイデアは、宇宙マイクロ波背景放射(CMB)を用いて宇宙の大域的な構造、物質ではなく、宇宙の幾何学と温度の構造がどのように見えるか調べることでした。私にはそれが本当にやる価値のあることに思えました。私たちは研究を始めるための小規模の資金を得て小さな電波受信機を作り、最初屋根の上で、次に高い山の上で試験しました。どこで実験できるかを調べるためです。そうして私たちは「気球を上げて実験しなければならない」と言ったのです。

**杉山** いつのことですか？

**スムート** 70年代です。その後私たちは偵察機U2を利用することを思いつきました。これは良い方法で、実験装置が気球のように落下して壊れずにちゃんと戻ってくるからです。気球で飛ばすと実験装置はいつも何らかの被害を受けて、次の飛行可能な時期に飛ばすために修理が必要で、そんなに何度も飛ばすことができないのです。運が良くて年に2回、平均的には年1回です。しかし、私たちは天球をできるだけ広く観測したかったのです。飛行機を使えば繰り返し観測できます。私たちは提案書を書き、やがて採択されました。そこで私たちは、2方向の差を測定する「差分マイクロ波放射計」として知られている装置を作りました。私たちはその技術の開発を進め、U2の実験からCMBの非等方性の双極子成分(CMBに相対的な地球の運動によるもので、宇宙論的起源によるのではない)を発見しました。CMBの本来の非等方性に関しては、それまでより良い上限が得られましたが、私たちはこれを改善するため差分マイクロ波放射計

を冷却して気球で実験することを決めました。実験装置をコンパクトにするには高い周波数で測定することが必要で、その結果、大気の揺らぎによる影響を避けるためもっと大気の薄い高空で観測することが必要だったので。こうして観測する波長を1cmから3mmに変えて、宇宙の構造形成にダークマターが必要となるほどのもっとずっと厳しい上限を得ました。

しかし、この気球実験以前なのですが、私はNASAに実験提案書を出しているのです。70年代末近くで、衛星搭載実験の大々的な公募がありました。プリンストン大学、MIT、ゴダード宇宙飛行センターのグループと、その後ジェット推進研究所(JPL)のグループもCMB測定の実験提案書を出したことが分かりました。全天のマップを作るのに、私の提案では別の種類の高速度走査法を用いるものでした。プリンストン、MIT、ゴダードの提案は主として絶対温度を測定するものでしたが、プリンストンの実験に基づいて全天のマップを作る部分もありました。3つの提案は全部1次審査をパスしましたが、JPLと私の提案は小さな衛星に適していました。もう一つはいろんなものを含んでいたので大きな衛星に適しており、そのときは赤外線天文衛星(IRAS)に組み込まれることになりました。その後IRASには問題が起きて彼らの提案ははじき出されてしまったのです。そこでブレゼンをしたのですが、結果ははっきりせず、NASAが私たちの提案を選ぶのか、統合しろと言われるのか確信が持てませんでした。しかし、当時私たちの提案はJPLの提案よりやや高く評価されたことははっきりしていました。

IRASからCMBの測定部分をはじき出したときにNASAは「CMB実験の一つの衛星に統合してCOBEと呼び、後回しにすることにする。」と言いました。そうして後になって順番に加えられたのです。プレゼンで私の実験デザインが評価されたので、私が非等方性測定実験チームの代表者になりました。スペクトルの測定実験の方はジョン・マザーのデザインが採用されました。その後、IRASからはじき出された計画の中からもう一つが加えられました。とにかく3人の代表者が指名されてチームを構成したのです。一時立ち止まった後、わくわくするような新しい分野を探して回り、測定するための方法を見出し、測定装置を試作し、測定法を習得し、そして提案をして採択される、というようにして一連の出来事が始まったのです。

**杉山** なるほど。それで、あなたはCOBEの成功の鍵は技術とお考えですか、それとも科学的な考え方でしょうか。

**スムート** 両方だったと思います。私たちにはアイデアがありました。私には共に働いてくれる有能なスタッフがいました。それは私が科学的に優れた実験のデザインについて知識を持っていたためかもしれません。何を測定したいのか、何が最も重要な科学的目的なのか、はっきり言わなければなりません。そこから必要な条件がはっきりし、その条件を満たす装置を作ることが必要となり、そして測るべきものを測れるのです。何をしたいのかははっきりさせること、そのために必要な経験を積むこと、それから一緒に働く有能なスタッフを持つこと、これが成功の鍵でした。

エキサイティングな科学はあっという間に進む

**杉山** CMBの揺らぎを見つけたとき、何を感じましたか？

**スムート** それについては本に書きました。見つけたときは皆飛びついて、急いで解析したりしました。それが何か知りたかったのです。私は「だめだ、チーム全員でこれが本当かどうか示すことに集中しなければならない。もしそれが本当だと言ったら、途端に君らは系統的な誤差があるかどうか調べるのをやめてしまうのだから」と叫び続けました。私のすべきことは、全員が「もしかしたらこれは間違いかもしれない。よく調べよう」と考え続けるようにすることでした。私はチームの多数が誤差をチェックする難しい仕事をしているのに、周りを見たら他の同僚達がデータ解析で楽しんでいる、ということは好まなかったのです。皆が平等に仕事を分け合いたかったのです。

1992年4月23日にCOBEチームは、ワシントンD.C.で開催されたアメリカ物理学会の年会でCMBの非等方性の発見を発表しました。一連の講演を行い、それが済んだ後記者会見を行いました。そして、信じられないほど大量に報道されたのです。村山さんに聞けば話してくれるでしょう。彼は1991年に大学院を終え、その後パークレーに来たのですが、多分COBEが理由のはずです。

**杉山** 私も同じです。COBEの発見の1年後、1993年にパークレーに行きました。

**スムート** それから私たちはCMBの音波としての振動スペクトルの第1ピークを見つけようとしてMAXおよびMAXIMA気球実験を開始しました。WMAP衛星はCMBの音波振動スペクトルを精

度良く観測するように設計されたものです。WMAP計画は迅速に進んでいたにもかかわらず、実際は音波振動スペクトルのピークはずっと前に気球実験によって見つけられてしまったのです。エキサイティングな科学はあっという間に進むということがよく分かるでしょう。

あの頃は驚くべき、爽快な、しかしまたとても疲れた時代でした。論文を書きながら、全てをチェックしながら、ちゃんとやりつづけたのですから。

**杉山** でもうらやましいですね。夢が叶ったのですから。

**スムート** その通りです。たいていの人はそれが何を意味するか実際は理解していなかったのです。事実、当時の理論の論文を見てみると、そのデータから宇宙論のパラメーターを決められるというアイディアは全く新しいものでした。調べることができることは幾つかありましたが、もっと後の1993年から1994年になってやっとどのようにして $\Omega$ やあれやこれやを決められるかという論文が見られ始めたのです。私はスペクトルからでも多少のことはできるということを知ってはいたのですが。

**杉山** それは私たちが実際にパークレーでやったことです。では最後の質問ですが、将来の宇宙論についてどうお考えでしょうか。私たちが進むべきはどの方向でしょうか。

**スムート** 私たちは宇宙について今や大域的には良く理解できたと思います。全体的な姿についてある程度認識しています。私たちが今やろうとしていることは、全ての観測データと全ての理解していることを総合し、私たちが現在見ている地図が描けるかどうかを調べることです。それには天体物理学の研究者、宇宙論の

研究者、素粒子物理の研究者、巨大なシミュレーションのやり方を知っている研究者が必要です。また、宇宙の異なる段階を知っている研究者、数学を知っている研究者、計算機の得意な研究者、モデルをテストし、何が起きているか調べるため、実験データをどのように解釈するかを理解している研究者が必要なのです。私は、IPMUはこの新段階に対して好位置を占めていると思います。IPMUは研究者の交差点を提供するのであります。ただし、宇宙論の基本的な問題に挑戦し続けなければなりません。

**杉山** とてもうまく締めくくっていただきました。ありがとうございました。