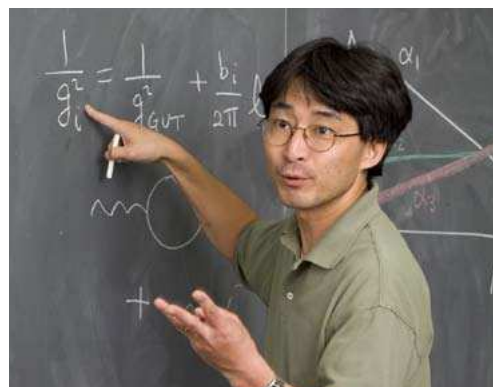




この拠点でめざすもの

村山 斉 (むらやま・ひとし) 専門分野: 理論物理学

IPMU 機構長

子供のような好奇心

研究者の心は子供のときのままです。小さいときに夜空を見上げて宇宙の果てしなさ、自分の小ささをしみじみと感じた経験は皆さんにもあると思います。「いったい宇宙はどこまで広がっているのだろう?」、「宇宙には始まりがあったのかな?」、「星は何で出来ていて、どうして光っているのだろう?」。私たちはこんな子供時代の素朴な疑問を追いかけ続けています。

私が物理学の勉強を始めてまず驚いたことは、先人達のとてつもない努力によって、こうした数々の素朴な疑問が解かれていたことです。どんどん勉強するにつれて、「ああ、そうか!」と納得することの嬉しさのとりこになっていきました。

太陽はなぜ光る?

例えば、星は何で出来ていて、どうして光っているのか? 実際に星のそばへ行ってそのサンプルを採ってきたり、星の中へ入って行って光が出る仕組みを調べたりすることは、もちろんできません。ですが、星から出る光の「色」を詳しく調べ、実験室でさまざまな原子・分子から出る光の「色」と比べることで、サンプルを採らなくても星が何で出来ているかは調べる

ことができました。その結果、太陽を含めて星はほとんど水素でできていることがわかりました。科学ではこのように、直接触ることができない物をなんとかして調べなければならない、ということがよくあります。それでは、その水素がどうして光っているのでしょうか?

手がかりはアインシュタインの有名な式、 $E=mc^2$ にありました。物の重さ (m) というのは実はエネルギー (E) だということです。それで、太陽は自身の重さをエネルギーに変えることで光っているのだろう、ということになりました。だとすると、太陽は毎秒400万トンも軽くなっているはずですが、でも、どうしてこ

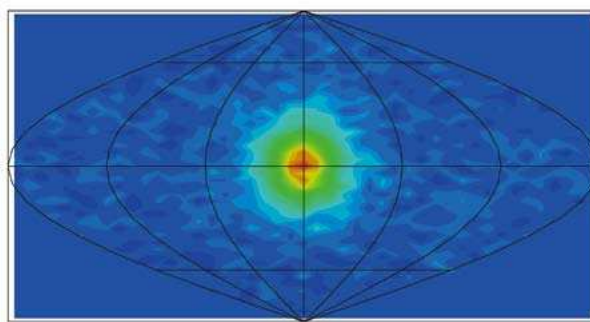


図1 太陽の中心からニュートリノが出ていることを、地下1000mの暗闇の中でスーパーカミオカンデが捉えた、決定的証拠。太陽中心の「写真」ともいえる。

の考えが正しいとわかるのでしょうか？ 実は、水素の重さがエネルギーに変わるときに副産物としてニュートリノという粒子が放出されます。日本のカミオカンデでそのニュートリノを捕まえることに成功し、この考え方の決定的証拠が見つかりました。こうして研究者は、光やニュートリノを使う観測、そしてアインシュタインの相対性理論や量子場の理論を総動員することで、直接触ることのできない星の中の仕組みまで調べてきたわけです。

ビッグバン

また、宇宙が大爆発で始まったことは「ビッグバン理論」としてよく知られています。誰も宇宙の始まりに戻って見てきたわけではありませんが、これは大爆発のいわば「化石」を見ることでわかりました。大爆発のときに出た光がいまでも漆黒の宇宙空間の中を飛び回っているのです。ただし、光も宇宙の膨張で引き延ばされて、目に見える光ではなく電子レンジで使われているのと同じマイクロ波になってしまっていま

す。この「化石」は特に宇宙の形、大きさ、年齢、そしてその中にあるエネルギーの内訳をよく知っているので、たいへん興味深いものです。特に21世紀に入ってから、人工衛星とテクノロジーの進歩のお蔭でとても詳しく調べることができるようになり、さまざまなことがわかってきました。例えば、宇宙の年齢は137億年、形は「真っ平ら」です。

新たな謎

一方、さらに勉強を続けていくと、逆に「まだこんなこともわかっていないのか！」という驚きもあります。星が何で出来ているのかはわかりましたが、実は宇宙が何で出来ているのかは、まるっきりわかっていないのです。すでに触れた「化石」のマイクロ波や、さまざまな観測と理論の比較から、宇宙のエネルギーの中で私たちが知っている物質（原子）は実は5%に満たないことが、過去10年ではっきりしました。残りの20%は得体の知れない「暗黒物質」、さらに摩訶不思議な宇宙の75%を占めるのが「暗黒エネルギー」。どちらも名前がついているものの、その正体はまったくわかっていません。

IPMUの取り組み

数物連携宇宙研究機構（IPMU）は、「宇宙はどうやって始まったのか？」、「何で出来ているのだろう？」、「どうして私たちは宇宙に存在しているのか？」などの素朴な疑問に迫るために発足しました。直接宇宙の始まりをやり直すわけにはいきませんし、なにせ「暗黒」のものは目にも見えません。どれも非常に難しい問題です。ですから、IPMUはさまざまな分野（天文、素粒子物理、数学）の第一線の研究者を集め、さまざまな手法を総動員して、共同で問題を解いていこうと考えています。また、人類共通の大疑問を解くには、日本人だけではなく、世界中から研究者を集めて当たっていかなくてはなりません。そのため日本にありながら、IPMUの公用語は英語です。そして新しい物の見方を生み出すためには、頭が柔らかく、ひとつの分野

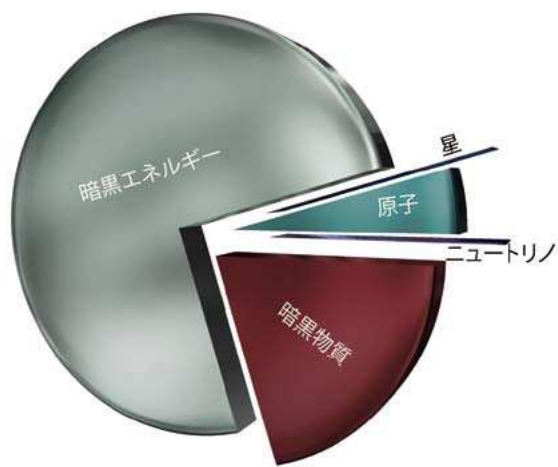


図2 宇宙のエネルギーの内訳。空に見える星はごくわずか。宇宙のほとんどは暗黒物質と暗黒エネルギーで構成されており、その正体はわかっていない。

にとらわれない若い力が大事です。

例えば、宇宙の始まりは「特異点」と言われ、そこでは私たちの知っている物理法則が使えません。まず、あまりにも強い重力の効果のため、アインシュタインの相対性理論を使わなくてはなりません。一方、とてつもないエネルギーのため、現代物理学のもうひとつの柱である量子場の理論も必要です。ところが、この2つの理論をいっしょに使おうとすると、訳の分からない変な答えばかりが出てきます。例えば、宇宙は0.000,000,000,000,000,000,000,000,000,001 cmよりも大きくなれるはずがない、という結論が出たりします。実際には、宇宙は10,000,000,000,000,000,000,000,000,000 cmよりも大きいですから、これは明らかに大間違いです。

この問題を解決するために有望視されているのがストリング理論（弦理論・ひも理論とも言う）です。ストリング理論は、相対性理論と量子場の理論を兼ね備えていて、なおかつ矛盾のない計算ができることがわかっています。とはいうものの、光や電子が粒々ではなく、小さくてもゴムひものような広がった物だというので、実際の計算がとても難しくなります。そこで、最先端の数学を駆使しなくてはいけないことになります。また、ストリング理論の研究から数学者が刺激を受け、数学の新しい分野が切り開かれてきています。こうして物理学と数学が互いに助け合いながら進歩していくのです。普通の大学の縦割りの環境では、数学者と物理学者が出会い、共同で研究する機会がなかなか生まれません。機構では、初めから数学者と物理学者がいっしょにいて、しょっちゅう顔を合わせる環境をつくります。こうして宇宙の始まりといった、素朴でありながら超難問に迫っていきます。

また、天文学は空を見上げて天体や銀河といった大きな物を対象にしていますし、素粒子物理学はものの成り立ちをとことん小さな部品に分けて調べる学問ですから、まったく正反対なもので、つながりはほとんどありませんでした。しかし、暗黒物質は私たちの銀河系に満ち満ちていることが精密な天体観測からはっ

きりした結果、これは宇宙がまだ誕生して1兆分の1秒というごくごく若いときに創られた素粒子だと考えられるようになりました。「宇宙が何で出来ているのか」という問題に迫るには、やはり普通の大学の環境では難しいので、分野を超えた共同研究が必要になってきます。例えば、IPMUでは旧神岡鉱山の地下に新しい実験装置をつくり、銀河の中の暗黒物質を直接捕らえようという計画を推進しています。また、今年始まるLHCという世界最大の粒子加速器を使った実験では、暗黒エネルギーを実験室で創りだそうとしています。IPMUでは、この複雑で大規模なデータから最大限の情報を引き出すための研究をしていきます。一方、宇宙の中の何千万個もの銀河の観測をして、暗黒エネルギーの性質を調べようという計画も進めています。こうした観測・実験から得られるデータを突き合わせ、さらに理論物理学と数学を組み合わせることで、宇宙の神秘に迫っていくことがIPMUの考え方です。

何の役に立つのか？

宇宙の仕組みを少しずつでも理解できると胸がすっきりしますが、日ごろの生活の役に立ったり、地球温暖化が防げるわけではありません。ですが、間接的に役に立つことはあります。こうした基礎研究のために開発したテクノロジーが医学や情報科学に役立った例はたくさんあります。例えば、ウェブは研究者がデータを交換するために開発したものが全世界に普及しました。また、素朴な疑問は中高生にもわかりやすく、科学や数学を志すきっかけになります。「理科離れ」が危惧されている今、技術立国日本の次の世代を育てるためにも一役買うはずです。

結び

まだ発足して半年にもなりませんが、すでにIPMUにはさまざまな分野の、特に若い元気な研究者が世界中から集まってきています。子供時代からの素朴な疑問が、今後10年ほどの間に少しでも解けていくのが楽しみです。

IPMU発足にあたって

相原博昭 (あいはら・ひろあき) 専門分野: **素粒子物理学**

IPMU 副機構長

サイエンスはおもしろい。ましてや、サイエンスを研究することは、もっとおもしろい。数学や物理の手法によって宇宙を研究することは、圧倒的におもしろい。この単純な思いが、IPMUの原動力であり、世界トップレベルの研究者をひきつける最も重要な要素だと思う。IPMUに来れば、国籍、性別、年齢に関係なく、おもしろい研究を思う存分にすることができる。必要なのはサイエンスに対する情熱と絶えることのない探求心だけである。そんな研究環境を実現すれば、研究成果すなわち、新しい発見は自ずとついてくると信じている。新しい拠点が、真に世界をリードするまでに育つかどうかは、この思いをいかに真剣に受けとめ、どれだけ強い意志を持って、前進できるかにかかっていると思う。

IPMUで取り上げる研究テーマは、いずれも非常に手強く、すぐに結果が出ないかもしれない。満足できる結果が出るまでに、ひょっとすると20年あるいは30年かかるかもしれない。が、それだけの時間をかけても追求する価値とおもしろさがあると思う研究テーマに正面から取り組む。ダークエネルギーやダークマターの本当の姿、大統一理論の中身、ニュートリノの秘密など、どうしても知りたい。そのためには、我々が現在持つ知識そして使える技術の総力をあげて、も



加速器を使った新素粒子の探査と望遠鏡を使ったダークエネルギーの研究に従事している。

しなければ自ら開発してでも取り組みたい。そのためには、既存のシステムの制約や言葉の壁を乗り越え、数学、物理、天文学の世界的英知を結集して取り組みたい。これが、IPMUという研究組織を設計し運営するための指導原理だと思っている。

極端に細分化された数学、物理、天文学の最先端で活躍する研究者をひとつの新しい組織に放り込んで、いっしょに仕事をさせてみる。IPMUのこのユニークな試みからどんな新しいことが出てくるのか？

どんなサイエンスのブレークスルーが生まれるのか？

リスクのある試みかもしれない。が、リスクを負ってでも前進しない限りサイエンスの醍醐味は味わえないし、成果もあがらない。IPMUには、そのリスクに挑戦する野心的な若い研究者が各国から集結しつつある。日本の若者も理科離れなどと言っている暇はない。圧倒的におもしろいサイエンスを自ら楽しむチャンスは、そう頻繁に来るものではない。若者よ、IPMUを目指せ。結果は、必ずついてくる。



これまでの研究の中心はニュートリノ質量、これからは暗黒物質の研究が重要課題に、そして、陽子崩壊の探索はライフワークである。

日本における新しい研究所のモデルに

鈴木洋一郎 (すずき・よういちろう) 専門分野: **観測的素粒子実験**

IPMU 副機構長

我々の持つ宇宙の知識は、この10年間で飛躍的に増加し、また大きく変貌した。今、我々は、宇宙の物質・エネルギーのうち95%以上が、光では観測できない暗黒エネルギー・暗黒物質といわれるものであることを知っている。しかし、それらの正体は全く未知だ。本拠点 (IPMU) の実験グループの中心課題は、それら、暗黒エネルギー、暗黒物質を観測・研究し、その正体を解明することだ。

ニュートリノの微小質量は、宇宙の物質・エネルギーにはほとんど貢献しないが、その微小な質量は、陽子崩壊とともに、素粒子の統一理論への糸口である。統一理論は、宇宙初期を研究するための一種の道具である。

我々は、これらの研究を既存の実験拠点と連携して進める。暗黒エネルギーは国立天文台すばる望遠鏡との連携である。IPMUが設置する神岡サテライトでは、宇宙線研究所神岡宇宙素粒子研究施設、東北大学ニュートリノ科学研究センター等との連携により、暗黒物質探索や、ニュートリノ質量の研究など観測的素粒子実験の飛躍的展開をめざす。IPMUは神岡サテライトにおいて、地下実験の基盤を構築するだけでなく、人員を配置して実験屋と理論屋が徹底的な議論を展開する場を提供する。

私は4月から神岡に居を移し研究に専念する。ニュートリノ質量の研究は、現在建設中のT2K実験 (第2世代の長基線ニュートリノ振動実験であり、東海村JPARCにより作られるニュートリノビームをスーパーカミオカンデで観測する) により新たな段階に入るが、もう一つの大きな興味は暗黒物質の直接検出実験である。世界最高感度を持つ液体キセノン検出装置の建設はすでにはじまっている。2年後にはデータ収集がはじまる。5年後くらいには暗黒物質の正体を解き明かすような成果を期待したい。このような実験を遂行しつつ、将来の陽子崩壊・ニュートリノ検出器に必要な開発・デザインをすすめてゆく。

IPMUは東京大学のどの部局にも属していない、ゼロから作られた研究所である。しかも、これまでにない世界と競合できる教員人事制度や給与システムの構築、そして拠点長のリーダーシップが発揮できる組織や運営の仕組みの構築が必要だ。この大変な作業は、拠点長のリーダーシップの下、事務部門の大いなる努力で、この半年の間でようやく姿が見えてきたが、未完である。困難もあるがやり通さなくてはならない。これが、日本における新しい研究所のモデルになる。

Vision