

NHK アカデミア 第3回<宇宙物理学者・村山斉>



皆さん、こんばんは。宇宙物理学者の村山斉です。私は宇宙の謎を、数学と物理を使って解明したいと思っています。実は昔、音楽家になりたいと思ったこともあったので、最初にちょっと下手な演奏をさせていただきました。実は音楽は、物理や数学ととても深いつながりがあるんです。そんな話もできたらいいなと思っています。

今日お話ししたいのは、宇宙もそれから私の身の回りのことも、みんな数学・数式で表すことができるということです。それからどうして私が宇宙を研究しようと思ったのか、何が面白いのか、お話ししたいと思います。その中で、私の人生も、数式で表してみようと思っています。というわけで、今日のテーマは、

「宇宙も人生も、数学の言葉で書かれている」

これが今日のテーマです。

最初にちょっと皆さんに質問したいと思います。数学・数式という言葉が出てきましたが、「数式ってちょっと苦手だな」と思う方は、手を挙げていただけませんか。では、逆に「私は数式、得意です」という方、手を挙げてみてください。面白いのは、小さなお子さんの方が得意だと言って、大人になると、得意と言わない方がいいみたいな、そんな感じになってくるんですよ。

最後にもう一つ質問です。「その数式が、私たちの周りの生活に関係がある」と思ったことがある人はいますか。



あ、いますね！うれしいです。

今日はまずそんなお話をしていきたいと思っています。

NHKACADEMIA

《前編》

宇宙は数学の言葉で書かれている

村山 斉
宇宙物理学者

私がふだん数式をどういうふうに使っているかというと、「私たちはなぜ存在しているんだろう？」「どこから来たんだろうか？」「そもそも宇宙はどうやって始まったのだろうか？」「終わりはあるのだろうか？」「何でできているんだろうか？」。そういうようなことを考えるときに、数式に助けられています。

こういった素朴な疑問は、人類が始まってからもう何千年間も考えられてきたと思うんですね。最初はそういうことは、哲学とか宗教で考えてきたと思うんですが、今では科学の力で、迫れるようになってきました。そのためには、実は数学がとても大事な働きをしています。今日、私が着ているTシャツに「L'universo è scritto in lingua matematica.」とイタリア語で書かれているんですが、これはどういうことかと言うと、「宇宙は数学の言葉で書かれている」。あの有名なガリレオ・ガリレイ(1564年～1642年)が、本に書いた言葉なんですね。宇宙は、数学の言葉で書かれているので、数式が分からないと宇宙のことが分からない。それが、ガリレイが本に書いたことでした。

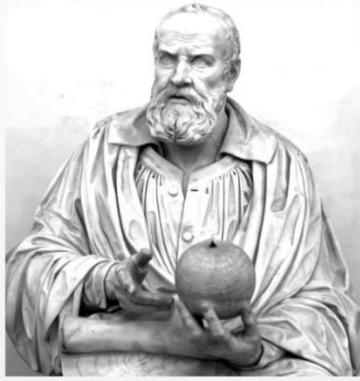


宇宙には、こういう大きな銀河がたくさんあります。宇宙空間は、この銀河がずっと続いていて、そしてこの宇宙には始まりがあって、時間も空間もない「無」から始まったんだ、というふうに言われています。その「無」から大きくなって、宇宙が生まれました。宇宙が生まれたときには、手のひらに乗るような小さなものだったんですけれども、それが大きくなって、そのエネルギーが物質と光にかわって、そしてとてつもなく熱いビッグバンの大爆発になった。こうやって宇宙が始まったんだというふうに理解されています。ビッグバンで始まった宇宙の中で、徐々にガスが集められて、それがガシャガシャ反応しているうちに、光を出して冷えて固まると、そこに星が生まれます。

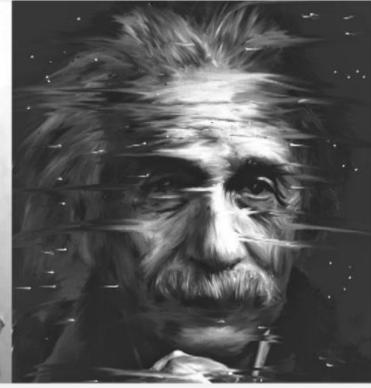
どうやって宇宙が膨張してきたのか、その中にどうやって星とか銀河が生まれたのか、こういうものは全て数式を使って考えていくことができるんです。これが宇宙のとても不思議なところ、数式で説明できるということです。宇宙の始まりは、決して見ることはできません。でもその始まりが分かるのも、ガリレオとかニュートンとかアインシュタインといった人たちが、いろんな数式を考えて、その数式が正しいということがさまざまなかたちで証明されてきたからです。そのことで宇宙の始まりや宇宙の進化が、数式で理解できるようになってきたわけです。



アイザック・ニュートン



ガリレオ・ガリレイ



アルバート・アインシュタイン

数式の正しさが証明されてきた

Shutterstock

例えばガリレオは、坂道を作ってそこに玉をゴロゴロと転がすという実験をたくさんやりました。その結果、ガリレオが見つけた式がここに出ている式です。

坂道を転がる玉の運動の式 (等加速度直線運動)

速度 加速度 時間

$$v = at$$

距離

$$x = \frac{1}{2}at^2$$

上の式はゴロゴロゴロって転がっていく間に、時間「t」とともに「a」に比例して、だんだん速くなっていくんだ。ですから、「a」は加速度というふうに言っています。

そして、その加速度「a」が一定だと、時間の自乗に比例して、どんどん距離が伸びていくということが、二つ目の式に書いてあります。

そうやっていろんなことを正確に言いたいと思ったときに、数学というのはとても便利な言葉です。それまでになかったポキャブラリーを作ることでもありますし、それを使って新しい文法も作ることができるので、宇宙のような日頃経験できないような世界も、数学の言葉を使うと正確に表現できる。それで数式を使うんですね。

<身近な暮らしも 数学の言葉で書かれている>

宇宙だけではなくて、私たち物理学者は、ふだんの身の回りの生活でも、あっちこちに数式が浮かんできます。

例えばお好み焼き。お好み焼きを作っていると熱いですよね。その上におかかをかけると、ゆらゆらと踊り出します。このおかかがゆらゆら踊るといのは、実はこの式で表わされるんです。

おかかの動きの式 (理想気体の状態方程式)



空気の密度

$$\frac{n}{V} = \frac{p}{kT}$$

温度

(n:分子の数 V:体積 p:圧力 k:ボルツマン定数 T:温度)

左側書いてあるのは、おかかの周りの空気がどのくらいの密度か、どのくらい薄いかということを表しています。右側には、下に「T」というのがあって、これは温度です。温度が高いと、空気は薄くなる、薄くなると軽いですから、ふわっと上がっていく。そのときにできる風で、おかかがゆらゆら踊り出すわけですね。ですからこの式を知っていると、お好み焼きの上でおかかが踊るんだということが分かるわけです。

それから別の話ですけれども、手が汚れると、特に油汚れを洗うためには、せっけんでよく洗う。そのときに水で洗うのではなくて、お湯で洗ったほうが油汚れはよく落ちますよね。どうしてか考えたことがありますか。実はここに書いてある数式が理由なんです。

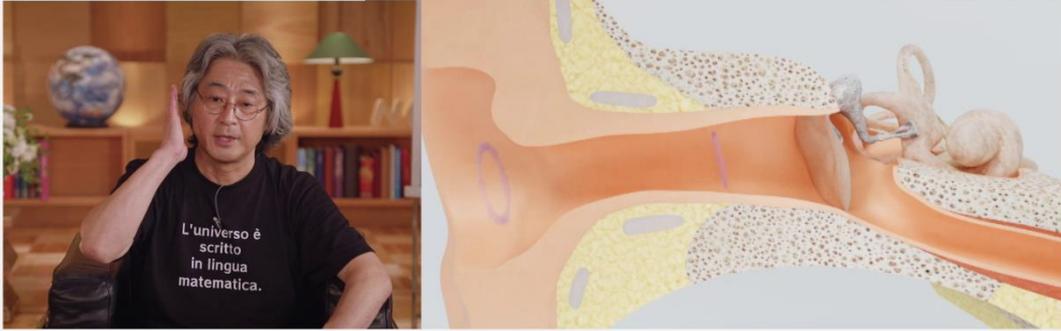
$$\text{エネルギー} \quad E = \frac{3}{2} k T \quad \text{温度}$$



(E:エネルギー k:ボルツマン定数 T:温度)

ここに書いてあるのは、汚れの小さな油の粒、分子の元気さを表しています。元気さは「E」、エネルギーです。エネルギーは、「T」、温度に比例している。ですからお湯を使うとあたたかいので、この汚れの分子が元気に動き出しますから、剥がれやすくなる。それで、お湯を使うと手が早くきれいになるんですね。こうやって手を洗うというようなことも、数式で表わすことができます。

また、先ほど弾いたような楽器からくる音。私たちは楽器の音を聞くと、「これはバイオリンだな。これはクラリネットだよ。トランペットだな」と分かるわけですが、どうしてそれが分かるかと言いますと、実はこの式で分かっているんです。



鼓膜の動き

$$y(t) = \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin 2\pi n f t$$

 C_n : 倍音の振幅 $n f$: 倍音の周波数 t : 時間

私たちが音を聞くと、鼓膜が動いています。その鼓膜の動きをこの式で表すと、音そのものの音と1オクターブ上の2倍の音、1オクターブと5度上の3倍の音、2オクターブ上の4倍の音、そういった音がたくさん混ざっているのが楽器の音色なんですね。その混ざり具合が、楽器によって決まっているんです。私たちの耳は、鼓膜が動くだけではなくて、動いている鼓膜の動きをいろんな倍音に分けて、その混ざり具合を聞き取ることによって、どんな楽器か言える。この声はあの人だなということが分かる。ですから私たちの耳とか脳は、数学を使って、日頃暮らしているんです。

もうちょっと違う例を出しますと、例えばロケットを宇宙に打ち上げようとしたとします。そのときにすごく速く打ち上げないと、地球の重力を振り切って飛んでいくことができませんよね。そのためにどれだけの速さがあれば十分かという式が、脱出速度と呼ばれているもので、この式で表されます。

ロケットの脱出速度の式

NHKACADEMIA



M: 地球の質量
G_N: 重力定数
R: 地球の半径

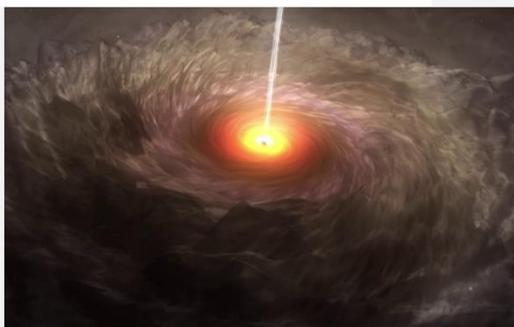
$$\text{脱出速度} \quad v_{esc} = \left(\frac{2G_N M}{R} \right)^{1/2}$$

ここにあるのは、「M」というのが地球の重さ。「G_N」が重力の強さ、そして「R」が地球の半径です。少なくともこれだけ速く打ち出さないと、ロケットは地球から飛んでいけないというのを表しているわけです。

でも実は、これと全く同じ式でブラックホールを表すことができるんです。ブラックホールというのは、光ですら出ることができないくらい重力が強い、気味の悪い天体です。ですから先ほどの式の「速さ」のところを「光の速さ」にかえてあげると、ブラックホールの重さと大きさが分かってしまうわけです。

光速とブラックホールの関係式

NHKACADEMIA



M: ブラックホールの質量
G_N: 重力定数
R: ブラックホールの半径

$$\text{光速} \quad c = \left(\frac{2G_N M}{R} \right)^{1/2}$$

それだけではなくて、実は今の宇宙は、だんだん大きくなって膨張しています。宇宙がだんだん大きくなると

いうのも、これと全く同じ式で示すことができます。

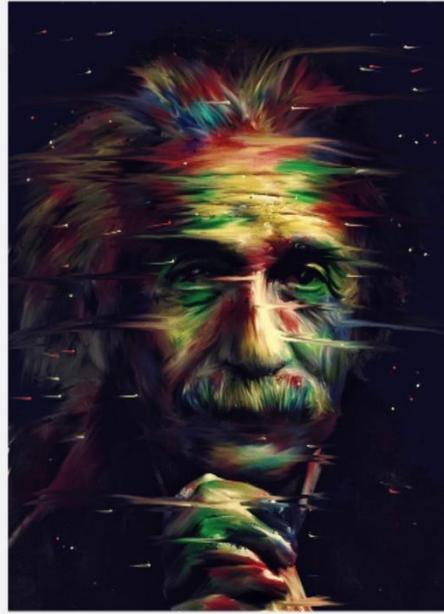


ですから一つの式で、ロケットを打ち上げるのも、ブラックホールも、そして宇宙全体の膨張も表すことができる。こうやって宇宙の不思議な謎も、同じ数式を使って調べていくことができるということが分かってきました。

こうやって私たち物理学者は、身の回りのいろいろなものを、次々に式にしてきました。それをまとめてどんどん発展させていったところ、宇宙というのは、実はこういうふうになっているんじゃないかと、いろいろなことが見えるようになってきたんですね。



例えばこれは銀河の写真なんですけれども、ここに銀河がふたつあって、ちょっと顔みたいに見えませんか。目がふたつあって、鼻があって、口があって、顔の輪郭があるように見えます。びよーんと長い顔の輪郭とか口になっているところも、本当は丸い銀河なんです。なのにこのように見えているのはどうしてかというと、実はこの銀河(口に見える部分)は、このふたつの銀河(目に見える部分)の裏側にある銀河なんです。その銀河から光が来的时候に、この銀河(目に見える部分)の中には、あとでお話する「ダークマター」という不思議な物質がいっぱい入っていて、その重力のおかげで光が曲げられるんです。ですからこの銀河が集まっているところというのは重力が強いので、光を曲げる虫眼鏡みたいな働きをしています。虫眼鏡の端の方を見ると、字がゆがんで見えたりする。それと同じように端の方を見ると、向こう側の銀河が、こうやってゆがんで見えている、それがこの写真に撮れているわけですね。これは元々、アインシュタインが予言したアインシュタイン方程式という式から予言されることなんですけれども、そのアインシュタインの予言が、今では写真に撮れるような時代にもなっているわけです。この銀河、とても可愛いので、「チェシャ猫」というあだ名をつけて呼んでいます。



アインシュタイン方程式

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

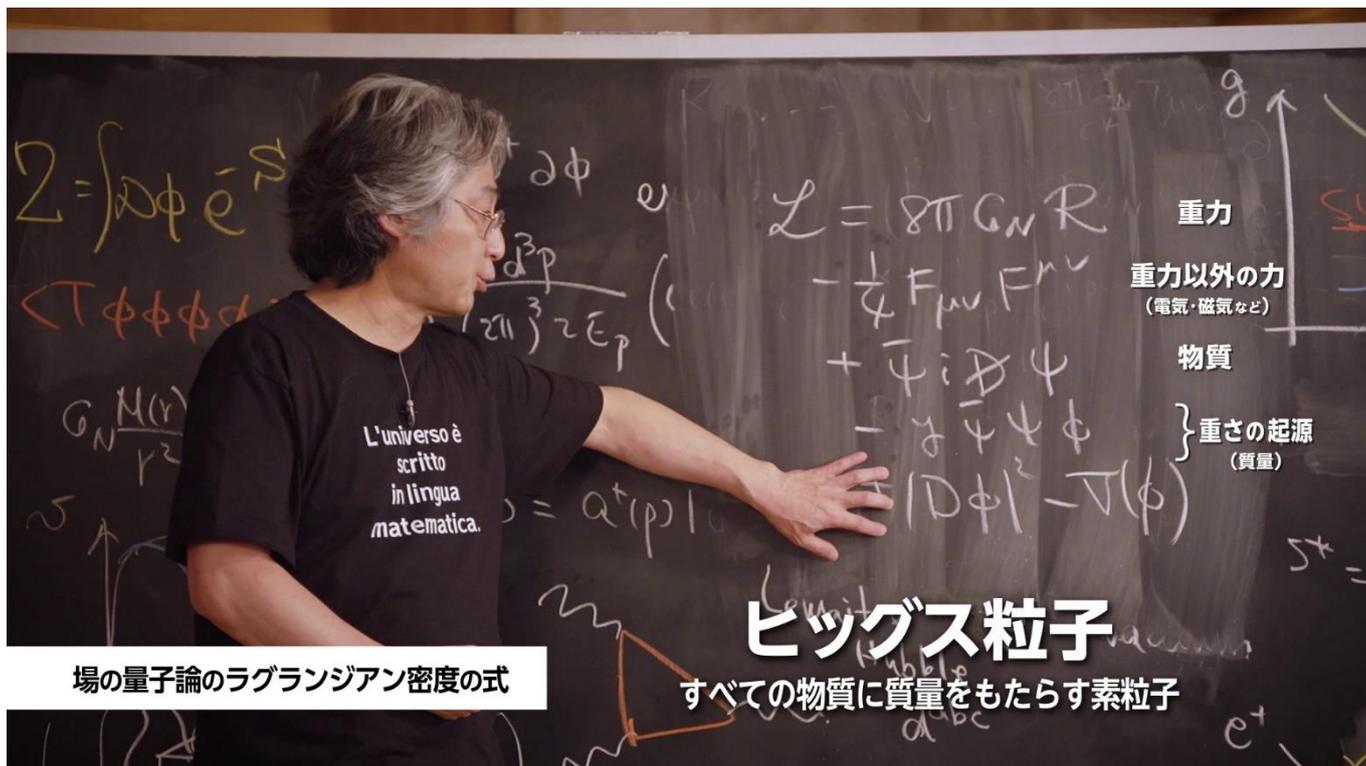
こうやってニュートンとかガリレオとかアインシュタインといった物理学者は、いろんな数式を今まで発見してきました。そしてその数式を使うと、宇宙には小さな粒々、「素粒子」というものがたくさんあるんだということも分かってきました。

例えば皆さんの体は、「原子」でできているわけですが、その原子の中には、「電子」という小さな粒が入っている。それが発見されて、素粒子の物理学というのも始まりました。

こうやっていろんな数式から予言されたことが、実験とか観測でどんどん証明され、その結果「宇宙は本当に数学の言葉で書かれている」ということが間違いなくなってきたわけですね。

<宇宙を統べる最強の数式>

たくさんある数式の中で、今分かっている宇宙の全てを、この一つの数式で表せるといって、最強の数式を黒板に書いてみようと思います。



場の量子論のラグランジアン密度の式

ヒッグス粒子

すべての物質に質量をもたらす素粒子

これが史上最強の数式です。結構シンプルですよ。でもこの5行の式だけで、私たちの分かっている宇宙は全部表せるという最強の数式なんです。一体どういう意味か。

まずこの1行目にあるのは、重力の力を表わしていて、しかもこの重力を使うと私たちの住んでいる宇宙が、少し曲がったり動いたりできるんだということを表しています。

2行目は、重力以外の、例えば電気とか磁気の力を表しています。

そして3行目は、私たちの体を作るような、いろんな物質のことを表している部分です。

この4行目は、そういった物質がどうして重さを持っているのかということを示している部分です。

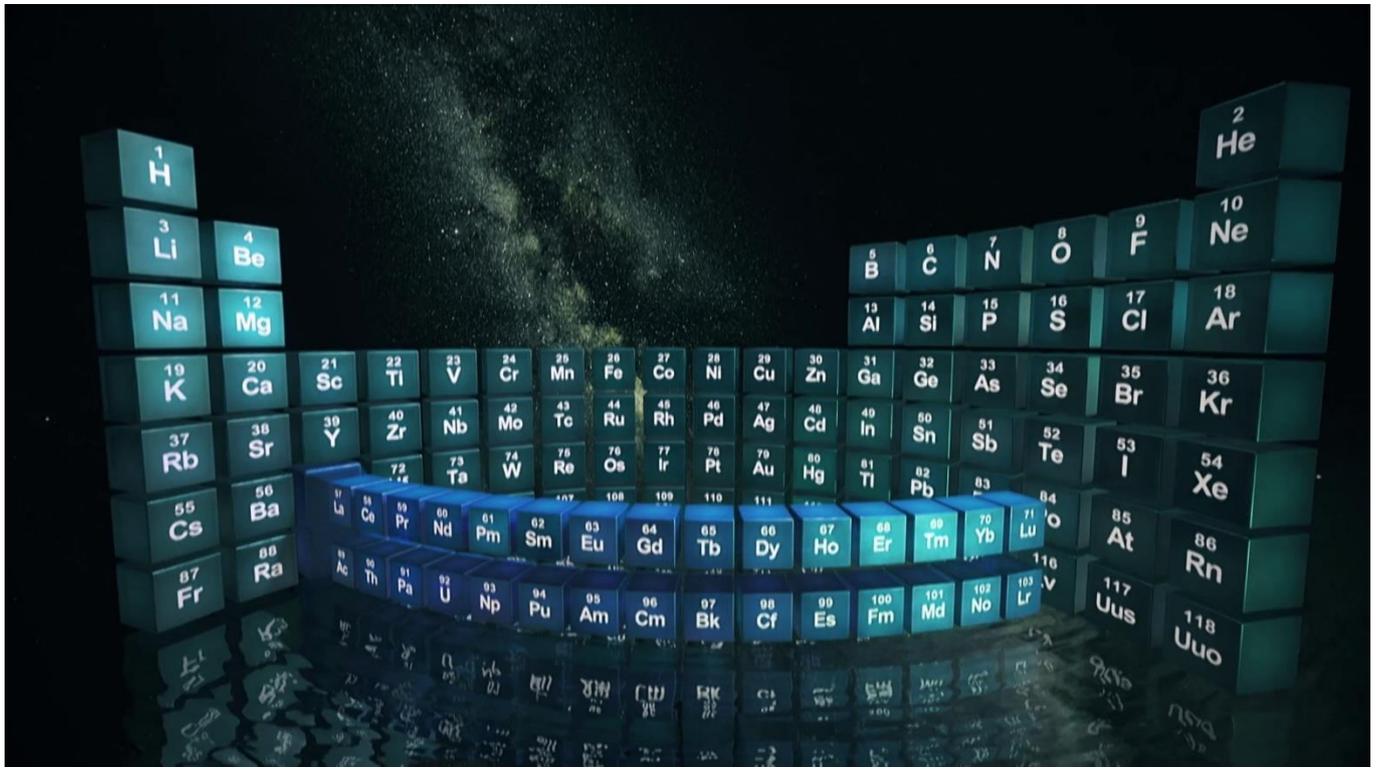
その重さを持っているもとなっているのは、実は最近発見されたばかりの「ヒッグス粒子」というとても不思議な粒々、その運動と、それがどうして今の宇宙に凍り付いているのかということを表すことができる式になっています。

この式を使いますと、本当に私たちの知っている宇宙の全てが導ける、そういう最強の数式なんですね。

こうやって宇宙には本当にいろんなことが起きているわけですけども、それをとてもシンプルな式で説明する、これを目指してきたのが私たち物理学者の仕事です。

<宇宙はシンプル?>

この宇宙の中にある地球とかいろんな生き物、それから植物とか動物、砂とか土とか、こういういろいろなものの全てが、たった 100 種類ほどの原子で説明できます。理科の教室に行くと、周期表というのが貼ってありますけれども、宇宙の中にたくさんあるものが、全部、これだけで説明できる。



それどころか、その原子全てが、実はたった 3 種類の「素粒子」で説明できるということも分かっているんです。

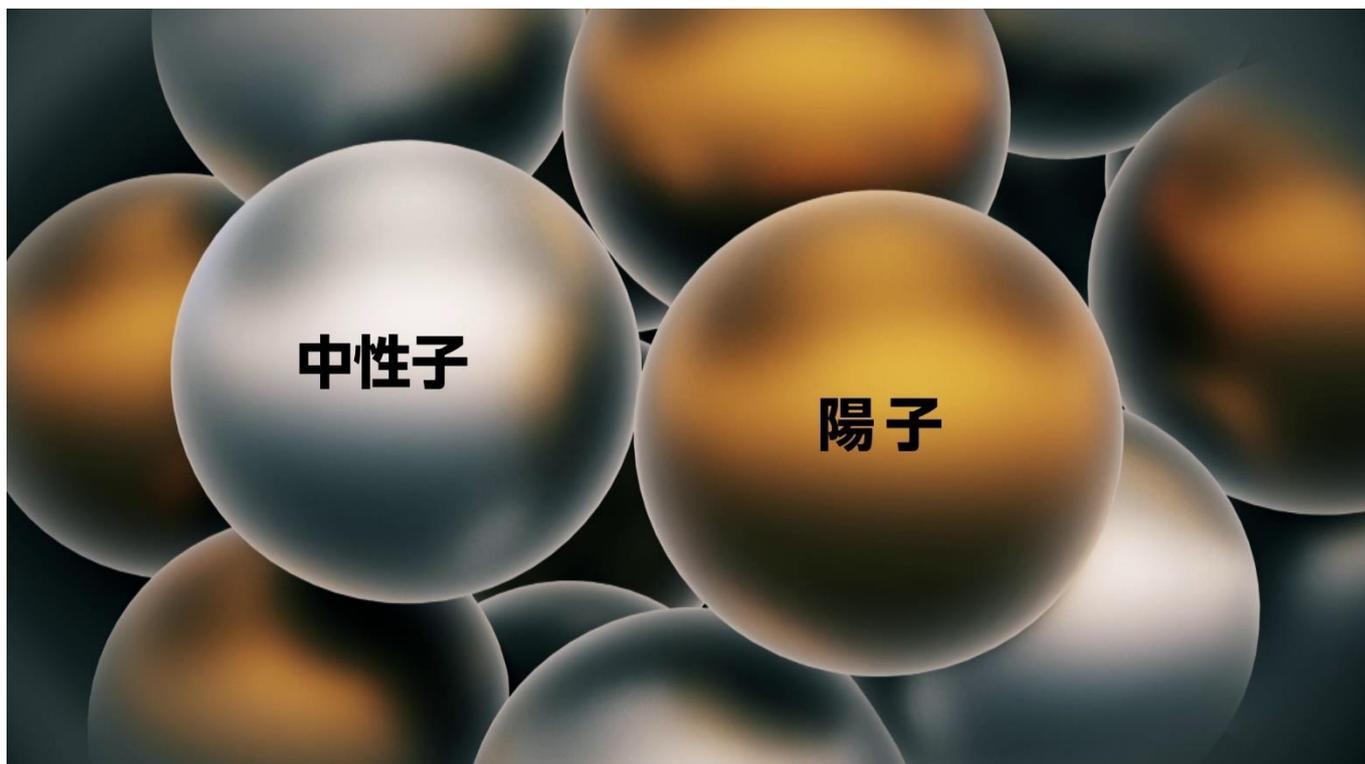
実際に私たちの体を見ても、体の中には細胞がたくさんあります。細胞の中には染色体があったり、いろんな分子が複雑に結びついてできているわけですが、それも細かく見ていくと、みんなこういった単純な原子でできています。



そしてこの原子は、先ほどお話したように、たった 100 個ぐらいの種類があって、それはみんなこの「原子核」という小さな粒の周りを、「電子」という別の粒が、ゆるゆると回っているものです。



そして原子核という真ん中の粒は、「陽子」と「中性子」という、小さな粒が結びついてできています。



そしてその陽子と中性子の中をさらに見ますと、中には「クォーク」という名前の素粒子が入っています。陽子も中性子も、ふたつの同じ種類のクォークでできている。



そのことを、模型を使ってお見せしたいと思います。ここにあるのは、私たちの住むとても美しい惑星、地球の模型です。



そしてこの地球も原子でできているわけです。原子の中をさらに見てみると、周りを電子がビュンビュン回っている中に、この原子核という小さな粒が入っている。



さらにこの原子核を開けてみると、中には陽子と中性子という小さな粒が入っているわけです。



そしてこの陽子もさらに開けてみますと、クォークという粒が、3つ入っているのが見えますね。この緑色をしているのが、「アップクォーク」というタイプのクォークで、このピンク色をしているのが「ダウンクォーク」というタイプのクォークです。



原子核の中に入っている陽子も中性子も、全部このアップクォークとダウンクォークで説明できて、そしてその周りでゆるゆる電子が回って、全ての原子が説明できるわけです。このアップクォークとダウンクォークと電子、その3つの素粒子だけで全てのものが説明できるんです。

アップクォーク



ダウンクォーク

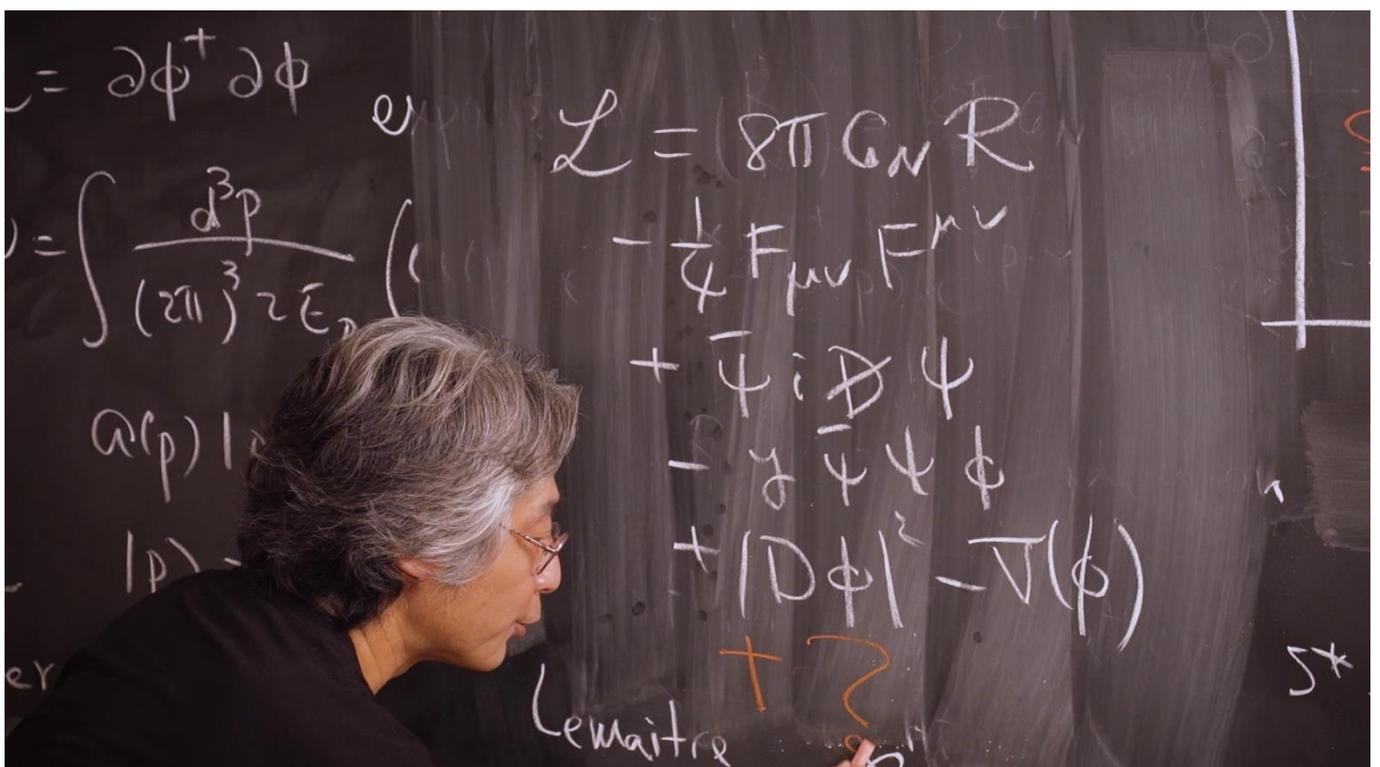
電子



3種類の「素粒子」だけですべての物が説明できる

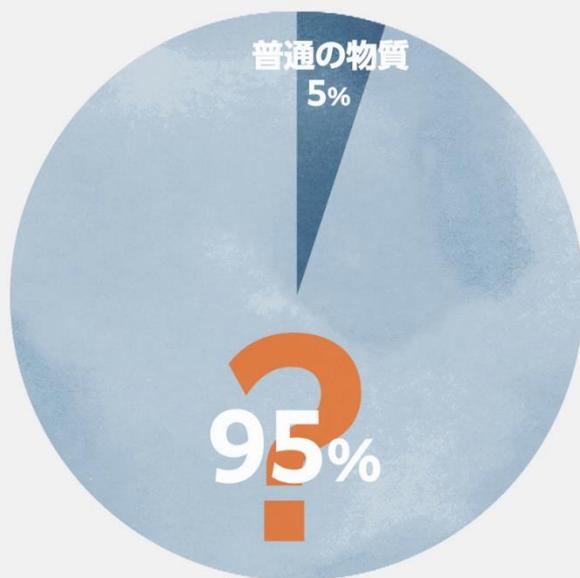
ですから宇宙というのは、とてもシンプルな式で表すことができる。そういうところまで私たちは分かるようになってきました。

でもそこでまだ問題があります。シンプルな式で分かるようになってきたんですけども、これだけで全てを説明できるということではなかったんですね。実は宇宙の精密な観測を続けていった結果、この式で確かに「私たちが知っている宇宙」は全部説明できるんですけども、それ以外に謎があるんだということも分かってきました。



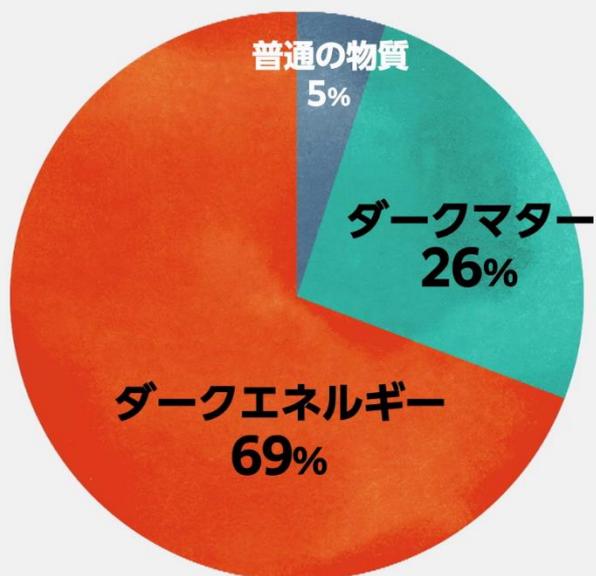
つまり「原子でできている宇宙」以外の宇宙というのは、私たちの知っている部分に比べてずっと大きいんだと、宇宙全体の中で私たちが分かっているこの数式の 5 行の部分というのは、たった 5%しかない。残りの 95%は、私たちは分かっていないんだということもはっきりしてきたんです。

宇宙の組成



宇宙のほとんどのものは、原子でできていないんですね。95%は原子ではない違うもの。そのうち約 26%が「ダークマター」と呼ばれている、まだ誰も会ったことのない不思議な物質です。そして残りの 69%は、「ダークエネルギー」という、これまた不思議な、宇宙が膨張するとどんどん湧いて出てくる無尽蔵のエネルギーです。

宇宙の組成



このダークマターがないと、宇宙が始まってだんだん大きくなったときに、ものを引っ張って集める重力が足りないので、私たちみたいな星とか銀河ができなかった。ですから、ダークマターがないと、私たちは生まれなかったんです。そういうとても大事なお母さんの役割をしているダークマターですけども、まだ正体がかかっていないので、会った人がいない。

一方ダークエネルギーの方は、今の宇宙をどんどん引き裂いて、最後にびりびりってやってしまうかもしれない、そういう不思議なものです。

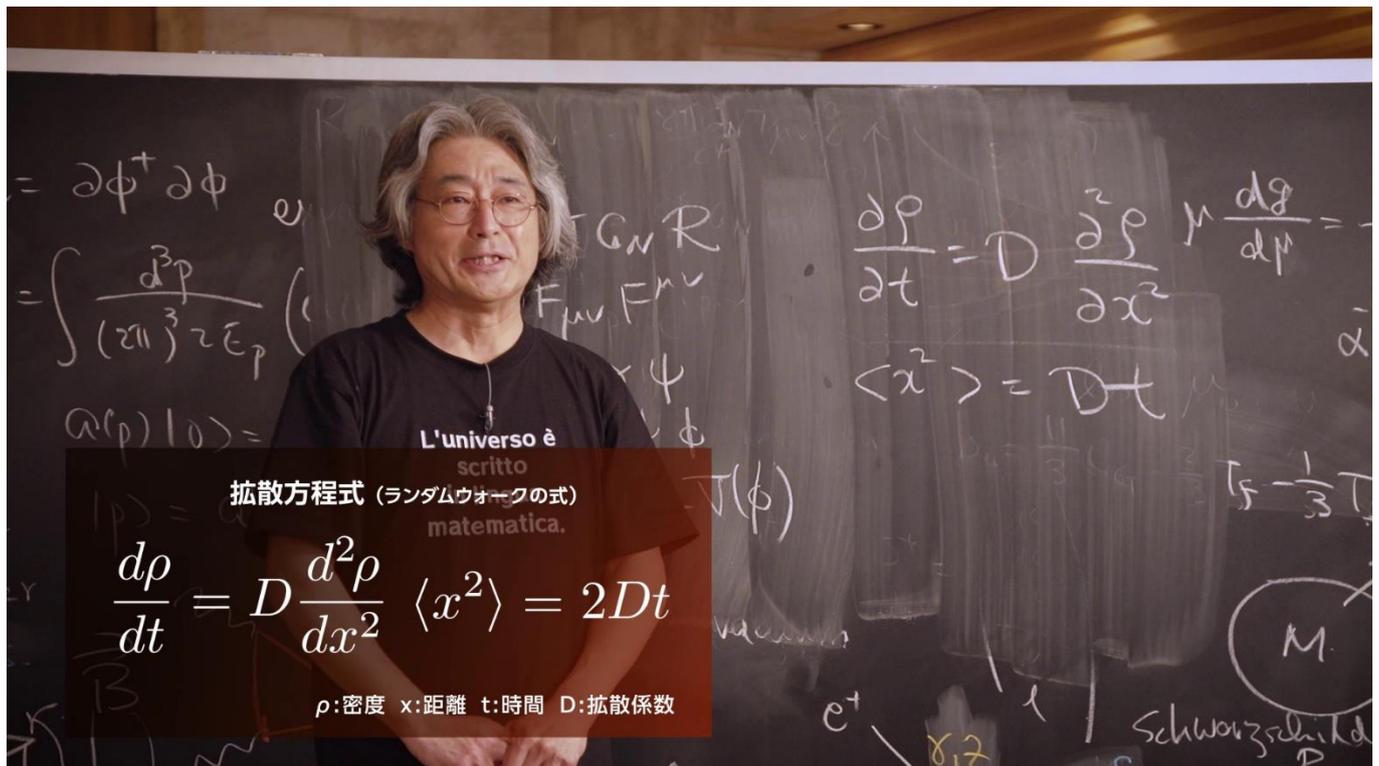
このダークマターとダークエネルギーが、宇宙の 95%を占めている。ですからこの式の「？」の部分というのは、宇宙の今までの歴史とこれからの運命を決める、とても大事なものだということなんです。

私たち物理学者は数式の 5 行目までは分かってきたんですけども、なんとか「？」の部分も分かって、この数式を完璧なものにしたら、「宇宙がどうやって始まったか?」「なぜその宇宙に私たちがいるのか?」「これから宇宙はどうなっていくのか?」ということが、分かるようなときがくるんだと思っています。そういう日を夢見て、今も毎日研究を続けています。



後半は、私がどうして今のような物理学者になったのかということについてお話してみたいと思います。宇宙については、いろんな数式を使って計算して、これからこうなるんだってことが分かるようになるんだよという話をしましたけれども、人生はどうか。私は自分の人生については、ちゃんと計算してなくて、どんなふうになるか全然分かっていなかったです。でもそういう人生も、実は数式で書けるんだというお話をしてみたいと思います。

私の人生はどういう数式なのか。



拡散方程式 (ランダムウォークの式)
matematica.

$$\frac{d\rho}{dt} = D \frac{d^2\rho}{dx^2} \quad \langle x^2 \rangle = 2Dt$$

ρ : 密度 x : 距離 t : 時間 D : 拡散係数

これが私の人生を表す式です。何を言ってるかと言いますと、私の人生は、真っすぐ前に進むという分かりやすい人生じゃなかったんですね。あちこちにゴツンゴツンとぶつかりながら、行ったり来たりしながら、少しずつ前に進むという寄り道の多い人生でした。悩んだことも多かったですし、すごく困ってしまったこともたくさんありましたけれども、そのあとで「自分はこれがとても面白いんだ。どうしても宇宙、素粒子のことが分かりたいんだ」という情熱を持たた。そのおかげで今までやってこれたのだと思います。

まっすぐ目的を持って順調に進んでいくという人生だと、時間とともにどんどん遠くまで行くことができる。時間を2倍かけると2倍遠く行くことができる。でも私の人生はゴツンゴツンやっているので、行ったり来たりしているとどこにも行かないように見えるんですけども、ふっと突破口が開いて進んでみたり、また違う方向に行ってみたり、時間が2倍になっても2倍は進まないんですけども、ルート2倍は進む。これを「ランダムウォーク」と言っています。

ρ : 密度
 x : 距離
 t : 時間
 D : 拡散係数

$$\frac{d\rho}{dt} = D \frac{d^2\rho}{dx^2} \quad \langle x^2 \rangle = 2Dt$$

ランダムウォーク

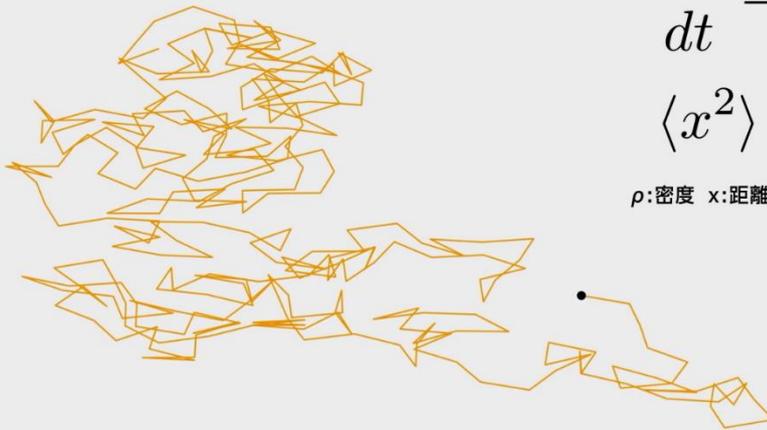
下の図では、小さな黒い点が、ゴツンゴツンといろいろなものにぶつかりながら、行ったり来たりしているだけのように見えるんですけども、たまにスーッと横に行くことがあったり、少しずつ遠くまで行っている様子が分かると思います。これがこのランダムウォークの式の言っていることです。

拡散方程式 (ランダムウォークの式)

$$\frac{d\rho}{dt} = D \frac{d^2\rho}{dx^2}$$

$$\langle x^2 \rangle = 2Dt$$

ρ : 密度 x : 距離 t : 時間 D : 拡散係数

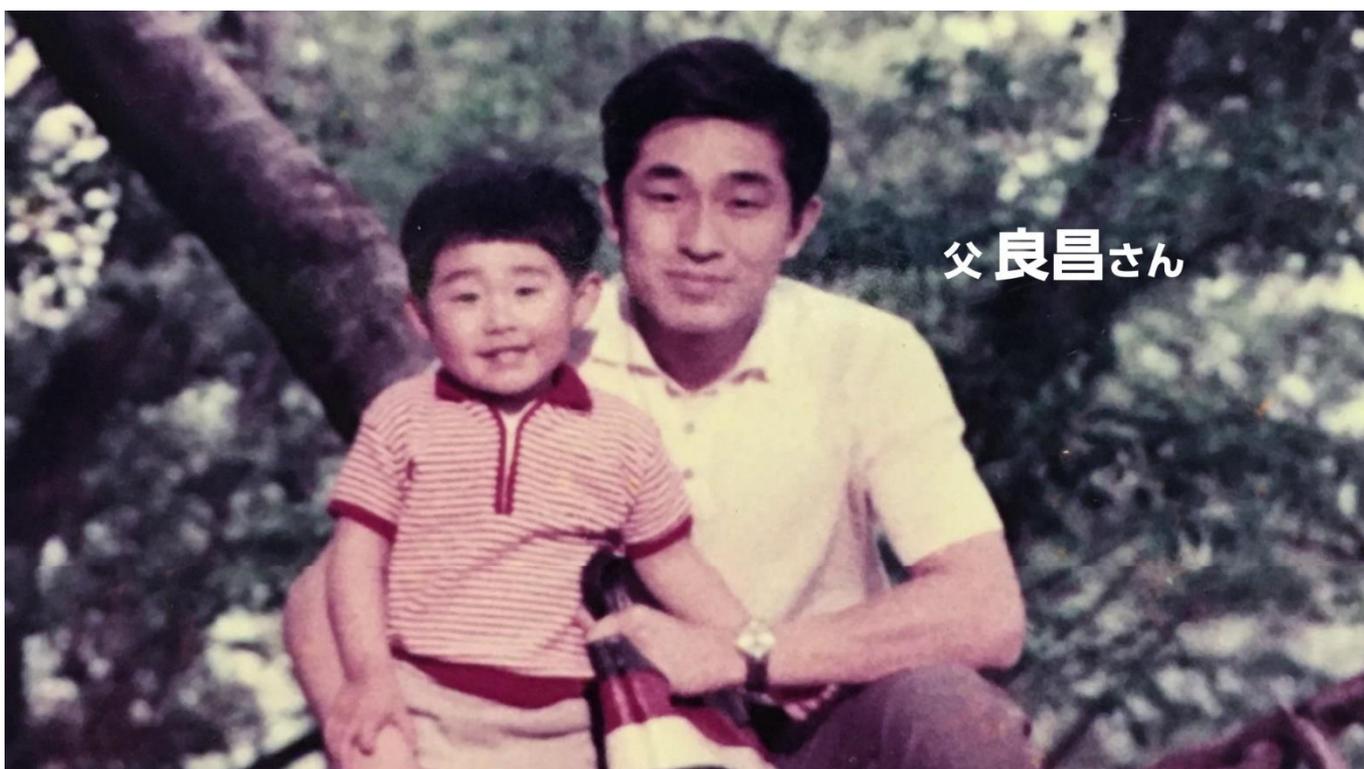


このランダムウォークを考えながら、私の人生についてお話してみたいと思います。

私は東京の八王子に生まれたんですが、とても病弱でした。ぜんそくがひどくて、月に何回も点滴を打つような生活をしていたので、学校もしょっちゅう休んでいました。ですから、元気に研究ができるような人間になるとは思っていなかったです。家にいるときは、テレビを見たり、本を読んだりという生活をしていたんですけども、多分このころ「科学って面白いかな」と思い始めたんだと思います。



例えばテレビを見ていると、理科の番組なんですけれども、うなぎ屋さんが出てくるんです。うなぎの屋台で、うなぎを焼いています。そのウナギを焼いているところに、ほおかぶりをした怪しい男がやってくるんです。そばにやってきて、「クンクン。あーいい匂いだ」と言って、そのまま帰っていくんですね。次の日になると、またその人がやってきて「クンクン。いい匂いだ」と帰っていく。それを毎日繰り返した。それで、うなぎ屋さんは怒ってしまって、ある日、その変な男に請求書を突きつけるんです。「あなたは、うなぎ屋のうなぎをこれだけ嗅いだんだから、1万円払いなさい」。番組は、スタジオなのでこういうことをやります。そのうなぎ屋さんとその男の間に、ガラスをはって見る。すると、その男のところには匂いがなくなるんですね。うなぎ屋さんがうちわでパタパタとやっているところで、ふわっと空気の中に小さな粒々が上がって行って、その粒々が、その男の鼻に入って「いい匂いだ」という匂いがするということが分かるわけですね。匂いがするというのはそういうことなのかと、とても納得がいったんですね。



父良昌さん

私の父は、物理の研究をしていました。ですから普通の生活の中でも、

例えばテレビを見ていると、「テレビに映っている色というのは、本当の色とそっくりに見えるけれども、あれは三原色を表しているだけなので、違う動物が見たら実は全然違う色に見えるんだよ」。

車に乗っていたときに、FM ラジオというのは、なにかの影に入ると聞こえなくなります。でも AM ラジオは聞こえるんですよね。「なぜかと言うと、AM のラジオは波長が長いからビルとか橋を回り込んでくるんだよ」。

一緒にお風呂に入ると、足が短く見える。「お風呂の水で光が曲がるから、足の長さが短く見えているだけで、本当に足が短くなったんじゃないよ」。

そんなことを教えてくれたりしました。そうやって少しずつ「こういうふうになってるんだ。面白いな。よく分かった」。それがうれしくて、いろんなことに興味を持ってきたんだと思います。

私が人生で初めて書いた論文というのは、今思い出してみると小学校6年生のときの夏休みの宿題でした。そのとき、ちょっと不思議だなと思っていたのは、じゃんけんです。3人でじゃんけんすると、誰が勝ちか大抵決まりますけど、人数が増えてくると「あいこ」ばかりになる。それが気になって、何人でじゃんけんをすると、あいこになる確率がどれだけあるのかという計算をして、「じゃんけん考」という文章にまとめて、先生に出しました。



【あいこになる確率】

$$1 - 3 \left(\frac{2}{3} \right)^n + 6 \left(\frac{1}{3} \right)^n$$

n: 人数

そのときの式がこれなんです。ここに書いてある「n」が人数です。nに3人の3を入れると、あいこになる確率は1/3。33%ですから、3回に2回は、勝ち負けが決まります。でもこのnに、10を入れますと、あいこになる確率が、なんと94.8%。ですから20回やって1回しか、勝ち負けが決まらないという勘定になるわけですね。人数が増えると、あいこが多くなるんだというのも、こうやって数式で説明ができる。それで納得がいったと思ったのが、今につながっているんだと思います。

そうこうしているうちに、私が病気がちだったので親が心配しまして、一度違うところに住んだらよくなるんじゃないか、それで小学校6年生から中学校3年生まで、ドイツに住むことになりました。父親の海外の赴任先です。そして4年間ドイツに住んだあと、日本に帰ってきて、ICUというできたばかりの高校に入りました。そのときはやっと体が元気になったので、やれることは何でもやってみたいということで、クラブ活動を7つもやったりしました。足が結構早かったらラグビー部、音楽も好きだったので合唱部、ときどきオーケストラ。バンドもやっていました。理科も好きだったので科学研究部もやったし、自治会も。とにかく思いついたことを何でもやってみるんだとやっているうちに、これは自分に向いてるというもの、これはちょっと自分に向いてないというもの、いろんなことが分かってきました。

小さいときは、病気ですからゴツンゴツンやって家に居る。大きくなってもゴツンゴツンいろんなことをやって、ランダムウォークをしていくうちに、ときどきふっとある方向に行く。そうやって育ってきたような気がします。

大学に入ってから、勉強を一生懸命やったかというところではなくて、コントラバスを弾いてばかりいて、授業もろくに出なかったんですね。卒業する前に、音楽で食べていくのは大変だと、みんなが言っていると…。じゃあやっぱり物理を続けようかな、大学院にとりあえず行ってみようかなと思って、入学試験の勉強を始めました。勉強していくと、やっぱり面白い。本当にいろんなことを数式で説明できるんだったら、その基本中の基本、小さな粒々の素粒子が分かったら、宇宙全部が分かるんじゃないか、じゃあ素粒子をやってみよう

思って、素粒子物理学を目指すことにしました。

ここまではよかったんですけども、また入ってからランダムウォークになったんですね。せっかく素粒子をやろうと思って大学院に入ったんですけども、そのころ別のことがはやっていて、先輩たちはみんな全然違う研究をしていた。私は、そのことに興味を持てなかったんです。ですから、みんながやっている研究についていけないので「これはやっていてもしかたがない。もう2年ぐらいやったらやめようかな」と、最初は思っていたんです。でもそうやってこっちの方向に行っていると、ゴツンとぶつかって跳ね返りました。

大学院に別の研究所から先生がやってきて、講義をしてくれたんです。KEK という筑波の研究所の萩原さんという方です。その先生の話聞いていて「そう、これだ。こういうことをやりたかったんだ」。そこでとても興奮しました。その講義が終わったあと、「ぜひ教えてください」と言いに行っただけなんです。これからやっと研究が始められると思ったら、そこでまた跳ね返ってきました。なぜかという、その萩原さん「しばらくイギリスに行って研究をするので、2年間いないからね。帰ってきてからね」といなくなってしまったんです。その間なんとか違うことをやって、食いつながなくてはいけない。素粒子をやろうと思っていたのに、今度は物質の性質を説明する超伝導の研究をしたりして、全然違う研究をしばらくやっていたんです。

本当にやりたいと思った勉強ができたのは、大学院に入ってから4年目の最後です。そして博士論文を仕上げるには、もう8か月間しかない。その8か月間、死に物狂いに頑張って、なんとかぎりぎりドクター論文を書き上げました。でもその論文も、今度は審査で落とされかけたんです。これはもう日本にいたらダメだから、アメリカに行くしかない、アメリカに行くことにしました。



世界30か国ほどに応募して、いろんなところからどうぞという話もあったんですけども、最終的にはアメリカのバークレーというサンフランシスコ郊外の街に決めました。その決め手は、とてもユニークな人がいっぱいいたからです。



ルイス・ウォルター・アルバレス
(1911年~1988年)

水素泡箱を使った手法と解析で、素粒子の共鳴状態を多数発見。
1968年ノーベル物理学賞を受賞

例えば有名なノーベル物理学賞受賞者で、ルイス・ウォルター・アルバレスさん。この人のいちばん有名な論文は何かと言うと「恐竜が絶滅したのは地球に隕石(いんせき)が衝突したから」。そういう説です。素粒子の研究者なのに、恐竜の絶滅を説明してしまったんです。



ジョージ・スムート
(1945年~)

「宇宙マイクロ波背景放射の異方性の発見」により
ジョン・マザーとともに2006年ノーベル物理学賞を受賞

それから同じ同僚で、ビッグバンの写真を最初に撮ったというすごい人もいます。ジョージ・スムートさんという人です。「自分は人工衛星を上げて、宇宙の始まりを見たいんだ」。そうやって本当にビッグバンの写真を

撮ることに成功した人なんです。

こういう人たちも、ある意味ランダムウォークで、本当はこっちの方を研究していたのにボーンと跳ね返って、違う研究をやってしまう。そういうことができる人がたくさんいたので、私みたいにゴツンゴツンやる人は、ここに行ったらきっと将来が開けてくるんじゃないか。そう思ってパークレーに行きました。

<期せずして アメリカから日本へ>

あるとき東大から先生が二人来て「これから新しい研究所を作りたいので、ぜひ日本で研究所長をやってくれ」というお願いをされたんです。でもずっと研究をしていて楽しくてしかたがなくて、これからはこんなことが分かる、あんなことが分かるをやっていたときだったので、「研究所の所長なんかやりたくありません。日本で仕事をするつもりはありません」と思いました。でも、何度も何度も「ぜひお願いします」と言ってくるので、しかたがないから「提案書ぐらい書いてみようかな」と思ったんです。友達の顔を立てようと思って提案書を書いたら、通ってしまったんです！やるつもりはなかったわけですね。でも私が書いた提案書が通ってしまったので、やらないわけにはいかない。これは本当にランダムウォークで、ボーンと跳ね返った感じでびっくりしました。

機構長という偉そうな名前が付いたんですけれども、実際にやることは、研究者を呼んでこなくてはならないので、人を集めるという役割ですね。そして集まった人が、ハッピーに研究できないといけないので、お金を集めて回る。それが私の仕事でした。

しかも日本で仕事をしたことがなかったので、日本で仕事をしようと思うと、私が知っていた子供の日本語ではなくて、大人の日本語を使わなくてはいけなくて、これがすごく難しかったです。例えば、その研究所ができて、とても大事な働きをした人が、これから違うところに行ってしまうということで、お別れ会をしたときがありました。「この人がいなくなったら困るんですね」ということを、大人の丁寧な言葉で言おうとして「この方がお亡くなりになったら困るんですね」と言ってしまったんですね。大失敗です。いちばんひどかったのは、挨拶に行くとき、日本では菓子折りを持っていくということを思い出したんです。日本人は何かものを渡すときに、とても謙遜して渡すんだっと思い出し、渡すときに「すいません。これ『たらい回し』なんですけど」って言って渡しちゃったんですね。丁寧に言おうとすればするほど間違えるという…日本語は難しいなと思いました。

日本語もランダムウォークだったんですけれども、前からずっと思っていたことは、日本にはとてもいい研究をしている人いっぱいいるということです。でも残念ながらアメリカでは知られていなかったり、顔が見えていなかったりする。つながってなくて、とても損をしているなという気持ちがあったんですね。せっかく日本に研究所を作るんだから、外国とツーカーの、関係のいい研究所を作ったら、日本の研究者がツーカーの関係になって、みんな得をする。そういう研究所ができたらいいなと思って、一生懸命頑張りました。



そして集まった優秀な研究者が、楽しくいい研究ができるようにいろんな工夫をしました。

例えば、建物のデザインも工夫したんです。研究者がたくさん集まって、数学の人、物理の人、天文の人がいるんですけども、そういう違う分野の人が集まって一緒に話をして、そこから新しい研究を作り出したい。そのためにみんなが集まる場所を作りました。



交流エリアと呼んでいるこの場所では、毎日午後3時にお茶の時間があって、そこに来るのは義務です。そし

てこの場所には、私のシャツに書いてあるこの言葉が(L'universo è scritto in lingua matematica.)、柱に書いてあるんです。「宇宙は数学の言葉で書かれている」というのは、この研究所のモットーのような感じになりました。

例えば、あるとき新しい星が爆発しました。天文学者はその論文を読んで「この星の爆発、どんなんだろう」と。その天文学者は、それまでにいちばん明るい星の爆発を発見した有名な研究をした人だったので、「それよりも明るい」と書いてあると、やっぱり気になるじゃないですか。「この爆発何なんだろう」と思いながら、ティータイムに行ったんですね。そこで「これは不思議なんだけど」と話をしていると、そこに数学者がやってきました。その数学者が言うには「もしかしたら、(さっき話した)虫眼鏡の現象なんじゃないか」と。「重力の力で光が曲げられる。遠くの星を、虫眼鏡を通して見るので、たまたま明るく見えるということがあってもいいよね」と言い出したんです。



でもそこで問題になるのは、この広い宇宙で、たまたま爆発した星と私たちの地球の間の一直線上に、誰も気が付かなかった銀河があるなんてことありそうもないじゃないですか。そこに、物理の人がやってきて「どれくらいデータあるの？ちょっと計算してみようか」と計算してみると、「これだけたくさんデータがあったら、その中に一個ぐらいこういうことがあってもおかしくないよ」ということが分かったんですね。お茶を飲みながら話していて、「これに違いない」とすぐ論文にしました。それがサイエンスという雑誌に載ったわけです。

そして数年後、その爆発した星が消えてしまって暗くなってから、その銀河の方向をもう一度よく見てみると、確かに手前にもう一つ銀河があったのに気が付いていなかったということが証明されました。それでその「虫眼鏡説」というのが本当に正しいことが分かったわけです。この研究で、アメリカのハーバードのグループに、私たち東大のグループが、勝つことができました。こうやってティータイムをやることによって、本当にいい研究がたくさん出るようになってきたんです。

私は自分の人生において、まさかこんな仕事をするとは思っていなかったんですね。ですから、もどかしく思

ったこともあったんですけど、こうやって行ったり来たりしていると、どこにも行かないかといったらそういうわけではなくて、ランダムウォークしながら、突破口があるとスーッと行く。ゴツンゴツンして、それでもだんだん広がっていく、前に進んでいく。そういう人生になっていきました。

そうしている間に、いろんな人に会うようになったので、いろんな国の人とも研究するようになりました。

私の学生の一人はイランで育ったんですけども、その国で革命が起きました。そのあと革命を逃れるために、馬に乗って国境を越えて、最後にカナダに亡命したというそういう人です。そういういろんな環境の人でも、物理とか宇宙の研究というのは人類共通なので、一緒に研究ができてしまうんですね。「それぞれの違いを尊重して、一緒にやれるんだ」。それが、私が学んだとても大事なことだと思います。



これは日本の JAXA が上げた「かぐや」という衛星から撮った映像です。月の影から少しずつ地球が見えてくる「地球の出」という映像ですね。これは、とても感動しました。



こうやってポコッと浮かんだ、この青い岩。この小さな岩が、私たちが住んでいる地球です。この小さな岩の上に、80 億人がひしめき合っていて、いつもけんかばかりして戦争とかしています。そして資源を奪い合って、その大事な資源を使い尽くしている。このきれいな地球を大事にしていません。ゴツンゴツンしながら過ごしてきた私からみると、私たちはやっぱり共通の目的を持って、一緒に研究もできるし、本当に仲良くしなくてははいけないし、そしてこのきれいな地球を大事にしなくてははいけないということを、とても思うようになりました。

<村山流「人生の歩き方」～振り返らずに前に進む～>

あちこちゴツンゴツンしながらやってきた私の人生なんですけれども、いろんなことをその中で学んできました。そしてぜひ一つだけ、皆さんに言いたいことがあります。

「どんなに頑張っても、本当に取り組むことができることというのは、自分が信じていることだ」ということです。

大学のある夏のことです。セールスのバイトをした時期があります。8月の暑いひとつき間、一軒一軒まわって教材を売るというバイトです。完全コミッション制なので、売った数だけ給料になりますから、「これは頑張って売って、いっぱい給料をもらうんだ」と思って頑張りました。30日間歩きまわった結果、実は一つも売れなかったのです。収入ゼロでした。自分が信じているものだったら、多分一生懸命説得できたと思うんです。でも自分が信じていないことは、やっぱり全然説得力がなくて、だから売れなかったんだと思いました。

ゴツンゴツンやりながら、「やっぱりこれは面白い」と思うものを見つけることができたのは、とてもラッキーでした。そうやって情熱を持つ、信じるものが見つかる、それに真剣になって飛び込んでいくことができます。もし他の人に「君、これが向いてるから、これやったら」と言われてそれをやったときに、うまくいか

なかったらどう思うか。「あの人の言うことを聞いたから失敗だった。あいつのせいだよ」と、多分恨むことになるじゃないですか。でも、自分で一生懸命考えて、信じてやったのは自分の決断ですから、誰も恨むことができません。そのときに「あのとき、ああしておけば良かった」というふうに思うのは、絶対にやめましょう。やり直すことができないことを「こうやっておけばよかった」といくら悩んでも、何もそこから生まれることはないわけです。

実は、これも数式で表すことができるんです。この数式が何を言っているかという、「時間は前と後ろがはっきりしている」ということを示しています。

時間は前にしか進まない式 (ミンコフスキー時空の式)

NHKACADEMIA

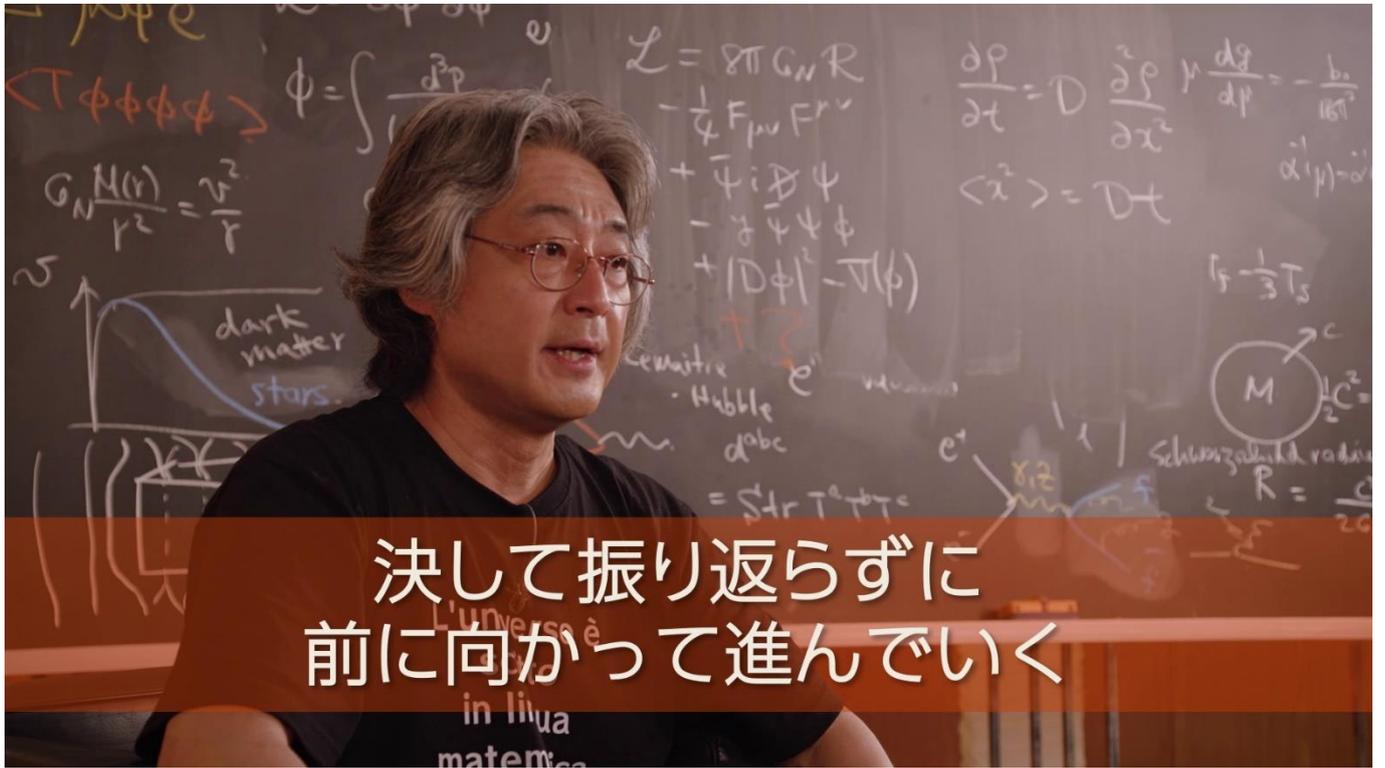
$$(cd\tau)^2 = (cdt)^2 - d\vec{x}^2$$

時間

τ : 固有時間 c : 光速 t : 時間 x : 位置

私たちの住んでいるこの宇宙では、空間は上下左右前後、三つの次元がありますけれども、時間は一個しかないですね。でも仮に、時間が二つあるという宇宙を考えると、時間を二つ平面で書けますから、こっちが前かなと思っても、その平面を回すと後ろになってしまいます。時間の前と後ろの区別がない宇宙になってしまうんですね。

でもこの式では、出てくる時間は一個しかありません。時間が一個しかないということは、前と後ろがある。つまり昔に帰ってやり直すことはできず、前に進むだけなんだということが、この式の言っていることです。ですから、自分で信じるものが見つかったら、それを選んで、それに飛び込んでいって、決して振り返らずに前に進んでいく。前に進むのもゴツンゴツンするかもしれませんが、決して振り返らずに前に向かって進んでいく。これをぜひ皆さんに覚えておいてほしいと思っています。



皆さんも、これからいろんなところで悩んだり、あっちに行こうかなこっちに行こうかなと思ったりすると思うんですけども、ぜひ「自分はこれをやりたいんだ」「これを信じたいんだ」というものを見つけて、そっちの方向で進んで、振り返ることをせずに前へ前へと行ってほしいと思います。これが私からの今日のメッセージです。

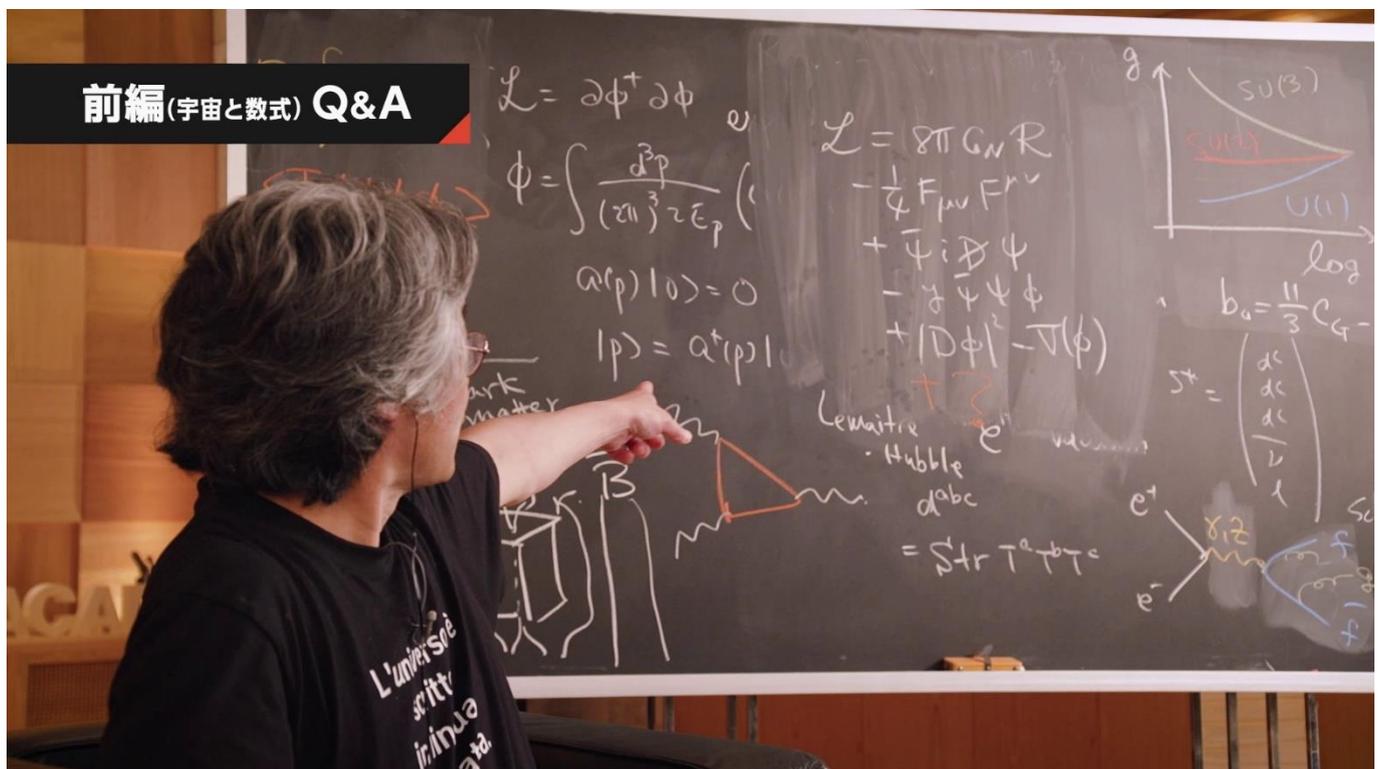


ことちゃん(大坂府)「素粒子より小さいものってあるんですか」

村山さん「例えば原子も、昔の人はこれ以上分けられない素粒子だと思っていたんですけど、それは間違いだったわけですね。今はその中に電子があって、原子核があって、クォークがあると分かってきたわけです。ですから今、素粒子だと思っているものも、もっと調べていくと、もしかしたら中にもっと小さなものが入っているということもあるかもしれないです」

ゆうすけゆうすけさん(長野県)「なぜビッグバンは起きたんですか？」

村山さん「なぜビッグバンが起きたのかというのは、実はさっきの数式でまだ説明できないんです。本当の始まりを調べようと思うと、今私たちが使っている数式は、壊れてしまうんです。ですから壊れないようなもっと頑丈な数式を作らないと、宇宙の始まりを調べることができない。この数式のあの『?』のところも分かっていないんですけども、『?』を入れた上で、全部がもっと頑丈な式になるように、これから工夫していかないといけないんです」



いつきさん(千葉県)「クォークはどんな働きをするんですか？」

村山さん「クォークというのはとても大事な働きをしていて、いつき君の体の中にいっぱいあるんですね。例えば、いつきくんが体重計に乗る。『今日は重いな』とか思うわけですけど、あれは何を計っているかというと、いつき君の体の中にある原子核の中の、陽子と中性子の中のクォーク、そのクォークがビュンビュン動いているエネルギーを計っているんです。クォークが動いていなかったら、いつき君は重さがなくなってしまうんですね。それどころか、体をまとめておくこともできなくなります。クォークが体の中でビュンビュン動いているおかげで、いつき君は体重があって、ものを食べることができて、そして体がバラバラにならずに一緒にいることができるんです」

KSRさん(大阪府)「素粒子はどうやって作られるんですか？」

村山さん「素粒子は、エネルギーがかわってできるんです。これも不思議な話なんですけど、アインシュタインが書いた数式の一つに、『 $E=mc^2$ 』という式があります。『E』というのはエネルギーで、『m』というのは素粒子の重さなんです。『 c^2 』というのは大きな数です。ですから、エネルギーがたくさんありさえすれば、重さにかえることができます。それがこの『 $E=mc^2$ 』という式が言っていることです。そして宇宙が始まったときには、ビッグバンのものすごいエネルギーがありましたから、そのエネルギーが物質の重さにかわった。そのときに物質ができて、実は物質だけではなくてその反対の反物質というのも一緒にできた。なのに今は宇宙に反物質がないのはどうしてだろうか。そんなこともまだ分かっていないんです。どうして今、私たちの周りの素粒子だけが生き残っているのか。これも KSR 君にこれから考えてもらいましょう」



遙太さん(栃木県)「『エネルギーが物質にかわる』とおっしゃっていましたが、ブラックホールの蒸発ホーキング放射という現象で、反物質の対生成がされていると聞いたのですが、どのような現象なのでしょう」

村山さん「それも実はエネルギーが素粒子にかわっているんです。ブラックホールというのは、とても重いですよね。その重さというのは、アインシュタインの『 $E=mc^2$ 』を思い出してみると、『m』が重さですから、それに光の速さを二回かけると、エネルギーじゃないですか。ですからブラックホールというのは、重さがあるだけでエネルギーを持っているわけです。ホーキングさんが言ったのは、ブラックホールから粒子と反粒子が生まれて、その一部が外に出てくる。ホーキング放射といって、素粒子が出てくるんだという話を発見しました。でもブラックホールは、実はその重さをエネルギーとして、そのエネルギーを使って、素粒子を作っているのだから、素粒子を出していくと、ブラックホールはエネルギーを失って細くなっていく。重さが減っていくわけですね。重さが減ってくると、実はブラックホールの温度が高くなるので、もっと素粒子を出せるようになって、さらに減っていく。どんどん素粒子を出しながら、無くなってしまおうというのが『ブラックホールの蒸発』と言われてるわけです。ですから今日話したように、ビッグバンのエネルギーが素粒子にかわったのと同じように、ブラックホールの自分の重さのエネルギーを素粒子にかえて蒸発していくというそういう仕組み

みです」



いがくり太郎さん(愛知県)「宇宙が広がっている、銀河とかもそれぞれ離れているとよく聞くんですけど、惑星や星系だったり、そもそも素粒子だったりも、そういうので離れていったりしないのはなぜかなということも思ったんですけど、どうでしょうか」

村山さん「銀河というのは宇宙の空間に乗っかっていて、宇宙全体大きくなるものですから、だんだん間が開いていくというふうになっているわけですね。それで遠くの銀河は、だんだん遠くに行くように見えているわけです。でも銀河の中の星を考えると、星と星が引っ張り合う重力の方が、宇宙が膨張して離れていく力よりも強いので、まだ一緒にいられるんですね。釣り合うところに止まっています。でも今の宇宙の膨張が、だんだん加速している。『ダークエネルギー』というものが、宇宙の膨張を起こしているんだという話をしましたけれども、このダークエネルギーはこれからどんどん強くなっていくと。もしかすると、この銀河の中の星もだんだん引きちぎられていって、バラバラになるかもしれません。惑星も、宇宙の膨張に引っ張られて、あるところでバラバラになってしまうかもしれません。そうやってバラバラになった宇宙で終わってしまうことを『ビッグリップ(宇宙が引き裂かれて終わる仮説)』、大きく引き裂く宇宙の終わりというふうに呼んでいます。お互いに引っ張り合う力のほうが勝っているときには、離れていかず一緒にいる。それが今のところ、銀河の中の星とか惑星の姿だということになります」



まささん(東京都)「先生にとって宇宙というのは、どんなものですか」

村山さん「先生にとっての宇宙は、『ふるさと』です。宇宙というと、遠くて全然知らないところという気持ちがあると思うんですけども、実はまさ君の体の中の原子は、遠くの星が昔爆発してばらまいた、塵(ちり)からできているんです。まさ君、実は宇宙から来たんですよ。私もそうです。地球の全部がそうです。ですから、本当に宇宙は私たちの故郷なんですね。その故郷の宇宙にそもそも星ができたのは、先ほどの『ダークマター』がものを集めて作ってくれたからです。ダークマターが集める元を作ってくれたのは、宇宙の初めの『インフレーション』、これが私たちのお父さんなんですね。インフレーションというお父さんがまいた種を、ダークマターというお母さんが育ててくれて、星になった。その星がばらまいた塵が集まって、まさ君になっているので、まさ君のふるさは本当に宇宙なんです。ですから、宇宙とか素粒子のことを知りたいというのは、自分のことを知りたいからだと思います。自分がどういうもので、どこから来てどこに行くのか。それを知るためには、どうしても宇宙を知らないといけない、そう思って研究しています」

れおんさん(栃木県)「先ほど、村山先生はいろんなことが気になってしまうという好奇心ついでの話をしていましたが、ふだんどういった観点から物事を眺めている？気を付けていることはありますか」

村山さん「どういった観点からといったほどのことでもないんですが、例えば階段を上っているときに、左足、右足、左足、右足といくわけなんですけれども、左から登り始めたのに左で終わってしまうと、階段の段が奇数だったということですよ。気持ちが悪いんですよ。単に奇数だったというだけで。それから『ワイシャツ』と言ったときに、カタカナで書きますから多分英語かなと思うわけなんですけれども、ワイシャツという英語はないんです。気になって調べると、実は『white shirt』、白いシャツというのが、日本語でなまって、ワイシャツになったんだということが分かって、『そうか！』と。別にどうでもいいことなのに、そういうことが気になって、調べたくなってしまう。分かって、『なるほど。そういうことか』と納得するというのをいつもやっているんですね。周りの人に不思議がられるんですけど、そういうのが気になってしまうという好奇心です」

おむさん(東京都)「アメリカから東京に戻られるときの話に興味があります。研究者として恵まれた環境にあったのに、そうではない道を選ぼうとするところに、なぜそう思われたのか。研究者としてアメリカで生きていくことに、未練や後悔というようなものがなかったのか」

村山さん「実はすごく未練もありました。でも、やっぱり最終的には自分で書いたわけですね。提案書を。いくら人に言われてやったとしても、自分で。それが通ったということは、逆に言うと、自分が思っていたような理想の研究所を作るチャンスでもあるし、少しさっき言ったように日本とアメリカが繋がっていないという、日本の損しているところを改善するチャンスかもしれなかったので、言った以上、真面目にやってみようという気持ちになれたんですね。つらいときもありましたけれど、やってくることができました。研究に関して言うと、それまでに毎年書いた論文の数と比べると、所長になってからは半分に減ってしまったんですね。そのあと所長を辞めることができたので、また最近復活しましたけれども、その間は研究も思い通りにできなかったので、イライラはしました。でも自分で選んだことだから、つらいことがあっても進んでいくことができたんだと思っています」

すいさん(茨城県)「先生はいろいろなところにおつかって進んで…というふうに言ってらしたんですけど、それでも研究者として進もうと思った原動力が知りたくて。というのも、私も今研究者を志しているんですけど、すごく心が折れそうになったり、アカデミアから違うルートを選ぼうと考えたりすることもあるんです」

村山さん「私も、研究が最初はうまくいなくて辞めようと思った時期もあったわけです。でもそこで励ましてくれたのは、やっぱり『人との出会い』でした。いろんな人に会って、『こんな研究のやり方もあるんだ』『こんな研究している人もいるんだ』『こんなふうに助けてくれる人もいるんだ』。そういうのに支えられてきたというのが、すごく大きいと思います。自分一人だけでは絶対、こんなところまで来れなかったと思っています。もう一つの原動力は、やっぱり『研究の楽しさ』ですね。研究をしているときには、うまくいなくてつらいことが多いです。でも何か分かった瞬間というのは、霧に囲まれていたのがさーっとはけるみたいに、光がさしてきてすごく気持ちよくなる。この気持ちよさの、言ってみれば中毒になったんだと思うんですよ。この気持ちよさをもう一度味わいたいと思っていると、今こんな問題に悩んでいるけれども、もうちょっと頑張ったら分かるんじゃないか。それもやっぱり『ゴツンゴツン』で、どうやっても分かりそうもないから、ちょっと置いておいて、今はこっちをやろうかなと。そうするとそっちの方が進むということも結構あって。ふと違う方向を向くと、わりとすすと進める。しばらくして同じ問題に戻ってくると、解けなかった問題が解けたりすることがあるんですね。だから人に支えられて、そして本当にうれしかったという気持ちがあって、それを続けて、少し自信が付いていると、前に進む元気が出てきたと思います。ぜひそういう経験をして、なんとか諦めずに前に進んでみてください」

こうだいさん(東京都)「私は現在、大学院の修士課程で重工学について研究をしています。そこで村山先生の研究に関してお聞きしたいのですが、村山先生が研究をされる上で、思うようにうまく結果が出ないときに、どのように気分転換をされて、研究へのモチベーションを保っているのかというのをお聞きしたいです」

村山さん「気分転換ですぐやるのは、コーヒーを飲むということですね。研究していて行き止まると、立ち上がってコーヒーマーカーのところでコーヒーをいれて、ちょっと1杯やる。研究所のコーヒーマーカーに行くと別のいいことがあって、他にも人が群がっているわけですね。そこで『ちょっとうまくいかないんだよ』と話をすると、『それ、実は考えたことがあって、こうやったらうまくいったよ』とかね、『それはあの人が確かやったんじゃないかな。聞いてみたら』とか、そういう情報が入ってくるんですよ。それが先ほどのティー

タイムでも大事なんですけど、自分だけでできないことは、ちょっとコーヒーを飲んでいる間に、他の人に聞くともう答えがあるということは、実は結構あるわけです。いくら研究をしても、自分の知っていることはやっぱり限られているので、他の人の知っていることは、最大限活用した方がいい。そういう情報はすぐ役に立ちます。一人ではできないことも、二人、三人でやると、突破できるということが出てきます。それも次へ進む原動力になります。それでもできないことというのはやっぱりあって、相当頑張ってもできないときには、いったん諦めます。しばらくこっちをやってようか、あっちをやってようかと、ゴツンゴツンやりながら元の問題に戻ってくると、なぜか、どんなに頑張っても解けなかった問題が解けることがあるんです。不思議なんですけど。諦めちゃいけないんだと思います。それプラス、私は音楽が好きですから、疲れた日には音楽を聴いたり、しばらくテレビを見ていたり、それから本を読んだり、アメリカのバークレーは神戸みたいな地形で丘がありますから、そこを自転車でいくとすごく眺めがいいところがあるんですね。目の前にあのゴールデンゲートブリッジが広がって見えて、むちゃくちゃ気持ちがいいので、そういうのを見るとやっぱり気分爽快になる。そういう組み合わせで、なんとか乗り切っているという感じだと思います」

かのさん(青森県)「『世の中のものは数式で表せる』と先生がおっしゃっていて、『戦争の終わらせ方』って、数式で表わせるんですか？」

村山さん「難しいんですけども、数式で表すことはできると思います。戦争の場合には、ここで戦争をやめると、自分が得になるという瞬間が来ると、戦争をやめるんですよ。ですから戦争みたいな難しい問題でも、一つ一つの部分を調べていくと、どこでどうやって戦争をやめる瞬間が来るかというのは、ちゃんと決まってくると思います。でも難しいのは、そこにいろんな要素が入ってくるので、それをきちんと数え上げるのが難しいですから、なかなか簡単には答えは出ないですけども、原理的には、戦争の終わりもちゃんと調べていくことができると私は思っています」

皆さんありがとうございました。さようなら。