

本田財団レポート No. 192

第 158 回 本田財団懇談会（2025 年 10 月 7 日）

宇宙のはじまりの「非常識」 ～唯物論から唯空論へ～

大学共同利用機関法人・高エネルギー加速器研究機構 機構長

浅井 祥仁

公益財団法人 本田財団

講師略歴

浅井 祥仁 (あさい しょうじ)

大学共同利用機関法人

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) 機構長



《略 歴》

- 1986 年 金沢大学教育学部附属高等学校 卒業
- 1990 年 東京大学理学部物理学科 卒業
- 1995 年 東京大学大学院理学系研究科 博士課程修了 博士 (理学)
- 1995 年 東京大学素粒子物理国際研究センター 助手
- 2003 年 東京大学素粒子物理国際研究センター 助教授
- 2007 年 東京大学大学院理学系研究科 准教授
- 2013 年 東京大学大学院理学系研究科 教授
- 2017 年 東京大学素粒子物理国際研究センター センター長 (兼務)
- 2024 年 高エネルギー加速器研究機構 機構長

《主な受賞》

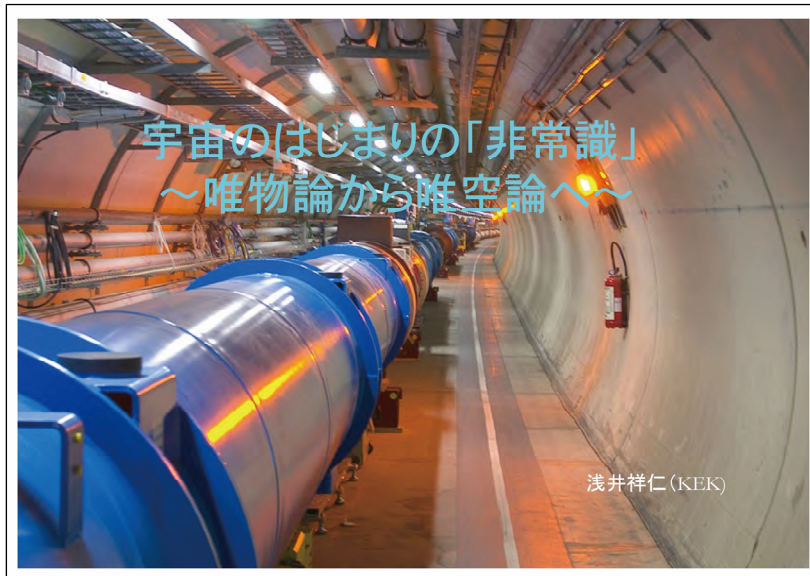
- 2012 年 日本学術振興会賞
- 2013 年 読売ゴールド・メダル賞
- 2013 年 仁科記念賞
- 2014 年 応用物理学会論文賞
- 2014 年 平成基礎科学財団 折戸周治賞

《主な著書》

- ヒッグス粒子の謎 (祥伝社新書 290) 2012 年
- LHC の物理: ヒッグス粒子発見とその後の展開
(基本法則から読み解く物理学最前線 7) 2016 年

《主な会員等》

- 日本物理学会会員
- 日本学術会議 連携会員 (第 24、25 期)



こんにちは、浅井と申します。よろしくお願いします。

■ はじめに

本日のお品書き

- 0) 問題設定 どうやって宇宙が誕生したの？
- 1) 素粒子とは
- 2) ヒッグス場の発見（雑談で 量子もつれ）
- 3) ヒッグス粒子発見の意味
- 4) 宇宙で何故物質が誕生したのか？
- 5) 時間や空間って何？
- 6) 産業と基礎科学

3

図－1

〈図－1〉本日のお品書きですが、このような感じで、もしかすると 6 番に行かないかもしれませんが、少しずつ進めたいと思っています。

■ 観測可能な宇宙にあるものは

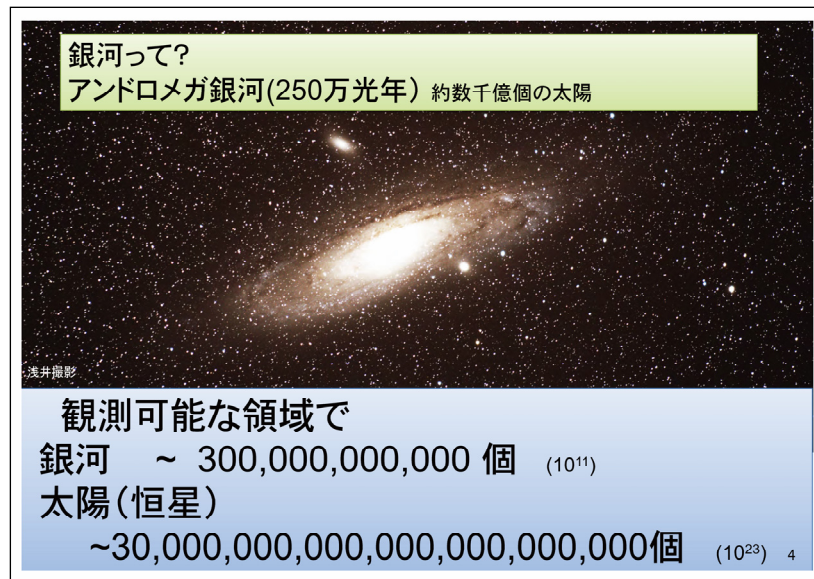


図-2

〈図-2〉早速ですが、宇宙にどういうものがあるかということで、このスライドはアンドロメダ銀河です。今の季節の 11 時ぐらいに天頂のほうを見ていただくと、月よりさらに大きいサイズで、秋で一番きれいなアンドロメダ銀河が見えます。

この銀河は数千億個の太陽のようなものが集まったもので、地球がある銀河系から最も近くにありますが、といっても光のスピードで 250 万年かかります。このようなものが観測可能な宇宙にどのくらいあるかというと、3 の後に 0 が 11 個並ぶぐらいあります。1 つの銀河の中に太陽が数千億個入っていますので、ざっくり掛けるとどうなるかというと、太陽が 10 の 23 乗個ぐらいある。10 の 23 乗個というのはアボガドロ数です。アボガドロ数ぐらいの太陽が観測可能な宇宙の中にあるわけで、これは膨大な量のエネルギーであり、また、膨大な量の物質です。

■ その宇宙はどのように誕生したのか

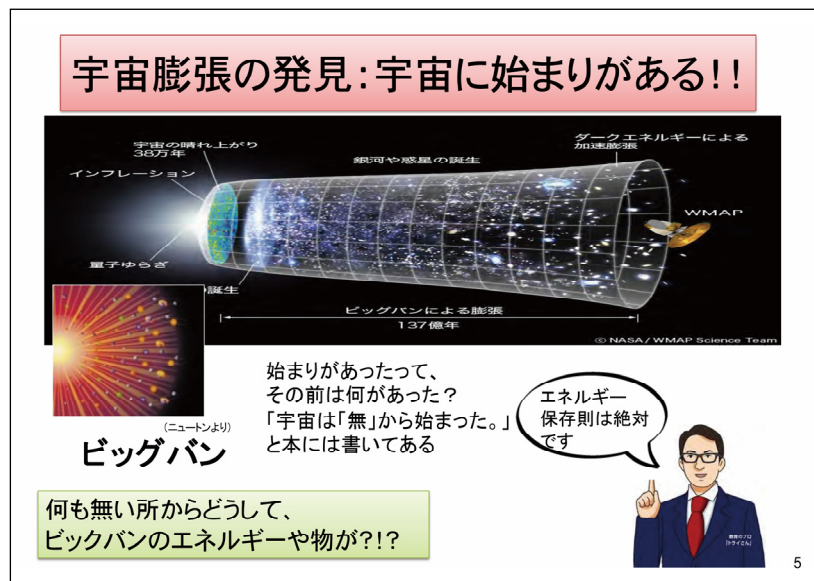


図-3

〈図-3〉 こうしたものがどのように誕生したかということですが、宇宙の膨張が 100 年ぐらい前に発見されています。つまり、宇宙に始まりがあったことが分かったわけです。始まりがあったのであれば、それが始まったときにこのように多くの物質がどのようにできたのかが非常に大きな問題になります。「ビッグバン」とは「むちゃくちゃな」という意味なのですが、そうした言葉で片づけられてきて、ものの本などには「宇宙は『無』から始まった」とさらっと書いてあるわけです。

塾や家庭教師の先生などは「エネルギー運動量保存則は絶対です」と言いますが、では、何も無いところから、どうしてビッグバンのエネルギーや物質が生まれたのだろうということが非常に大きな問題になります。



図-4

〈図-4〉 そこで、こうした宇宙の始まりの「非常識」を研究しているのが、この素粒子の研究です。このように大の大人がこうした“非常識”な研究、つまり「宇宙の誕生にどういう非常識なことが起きたのか」という研究をしています。

■ 「素粒子」とは何なのか

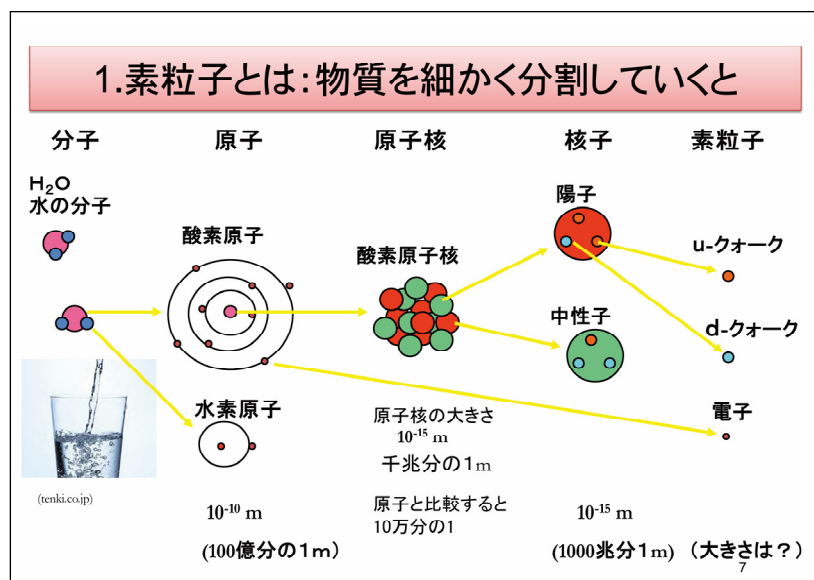


図-5

〈図-5〉ここでいきなり「素粒子」という単語が出てきましたが、この「素粒子」というのは一体何なのかというと、もとの粒子です。スライドの左上は H₂O で、水の分子ですが、水の分子は何でできているかという、酸素の原子と 2 個の水素原子でできており、原子間で電子を共有することによってくっついていて、大きさは 10 のマイナス 10 乗メートルで、100 億分の 1 メートルです。オングストロームという A の上に丸を書く不思議な単位がありますが、あのサイズです。これが昔は素粒子だと思われていたわけです。

その後、今から 120、130 年前になりますが、電子と原子核というのがあったわけでした。原子核の大きさはどのくらいかというと、10 のマイナス 15 乗です。したがって、よくこのスライドの原子の図のように描かれていますが、実はこれは間違いで、原子核は原子の約 10 万分の 1 のサイズです。原子を野球場の大きさだとすると、原子核は、ピッチャーマウンドの上の 1 円玉ぐらいの大きさに相当します。電子は、野球場の観客席のところにフラフラいる。そんな大きさの感じです。

この原子核は、陽子と中性子でできていますが、今から 60 年くらい前に、さらにその中にクォークというのがあると見つかったわけでした。今のところ、このクォークと電子が素粒子だと思われています。

では、素粒子であるクォークや電子の大きさはどのくらいかとよく聞かれるのですが、実はこれには大きさはありません。これは定義です。大きさがあれば、その中に何が入っているのかということになるわけで、素粒子というのは定義上、大きさがありません。大きさが分かった段階で、中に入っている別の粒子が素粒子になり、現在素粒子だと考えられているクォークと電子が素粒子の座から引きずり下ろされるわけです。このように進歩してきて、より小さな構造での理解がすすんできました。

電子やクォークがどのくらいより小さいかというのは、今、10 のマイナス 19 乗メートルという、原子核の大きさの 1 万分の 1 よりもさらに小さいことは分かっています。どのようにして

分かったかという、加速器を使って調べました。人類が調べられる最も小さい長さの単位がこれです。この単位をもってしても、クォークと電子はまだ大きさが小さいということが分かっています。ただ、さらに大きい加速器がつくられるようになれば、恐らくクォークと電子が素粒子ではなくなり、次に発見される新しいものが素粒子になるだろうとされています。



図-6

〈図-6〉原子核というのは、左の図のように描かれますが、実際の原子核の大きさはこのようなものではなく、ピッチャーマウンドの上の1円玉ぐらいの大きさです。電子は原子核のまわりをぐるぐる回っているわけではなく、野球場の観客席のどこかにいるということです。

そのように見ると、実は物質というのはスカスカなのです。今、1グラム2万円を超えてしまっている金は、非常に密度が高い印象がありますが、金でさえもこのような感じでスカスカなのです。なぜこれが潰れないか非常に不思議なのですが、これが後で出てくる量子力学の非常に面白い性質です。

■ 2つの素粒子——クォーク・レプトンとゲージ粒子

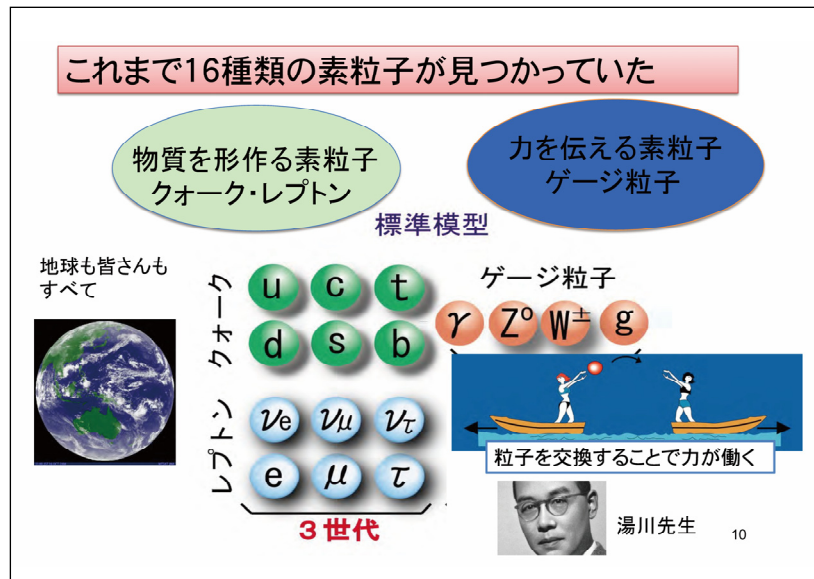
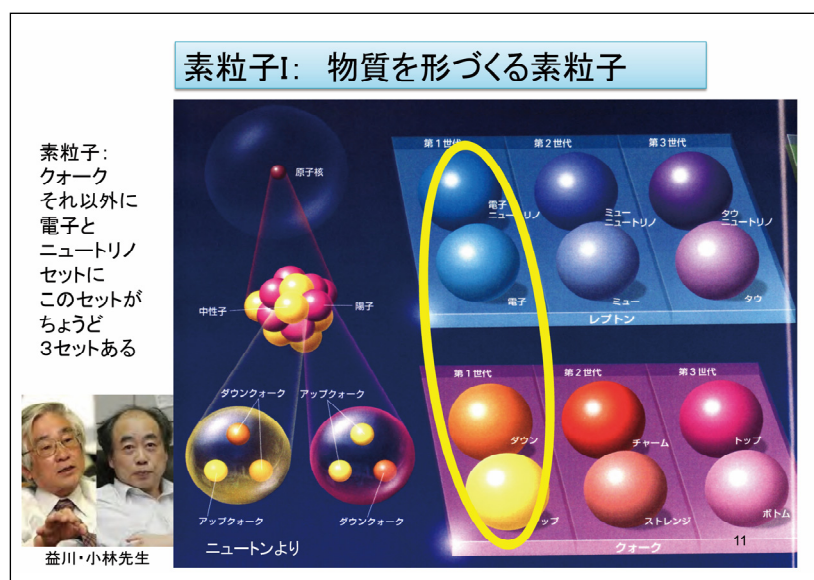


図-7

〈図-7〉素粒子というのは、今から10年ぐらい前までは計16種類見つかっていました。素粒子には2グループがあり、1つは物質を形作る素粒子で「クォーク」と呼ばれているものと「レプトン」と呼ばれているものがあります。皆さんの体も地球も、宇宙のすべてのものはこの「クォーク」と「レプトン」と呼ばれているものでできています。

一方、力を伝える素粒子というものもあります。「粒子を交換することによって力が働くのだ」と最初に言われたのは湯川先生です。このように、力を伝える素粒子と物質を形作る素粒子があります。



絵はニュートンより

図-8

〈図-8〉物質を形作る素粒子には、先ほど出てきた核子をつくっているアップタイプクォーク

クとダウンプクォークがあります。さらに、電子と、小柴先生で有名になったニュートリノがあり、これが1セットになっています。宇宙はほとんどこの1セットだけでできているのですが、なぜかは分かりませんが、これが3セットあります。

「3 セット以上あったらいいですよ」と最初に言われたのが、益川先生と小林先生です。3 があるなら 4 もあるのではないかと思われるかもしれませんが、実は私も参加した実験なのですが、3 世代しかないというのが分かっています。なぜかは分かりませんが、こういうセットが 3 世代あります。

皆さんのまわりに存在するのは、ほとんど第1世代なのですが、唯一2世代目が出てくるのがレプトンの第2世代である「ミュー粒子」です。これが何かというと、宇宙線と呼ばれているものが手のひらくらいの面積に毎秒1発ぐらい空から降ってきています。これらが物質を形づくる素粒子です。

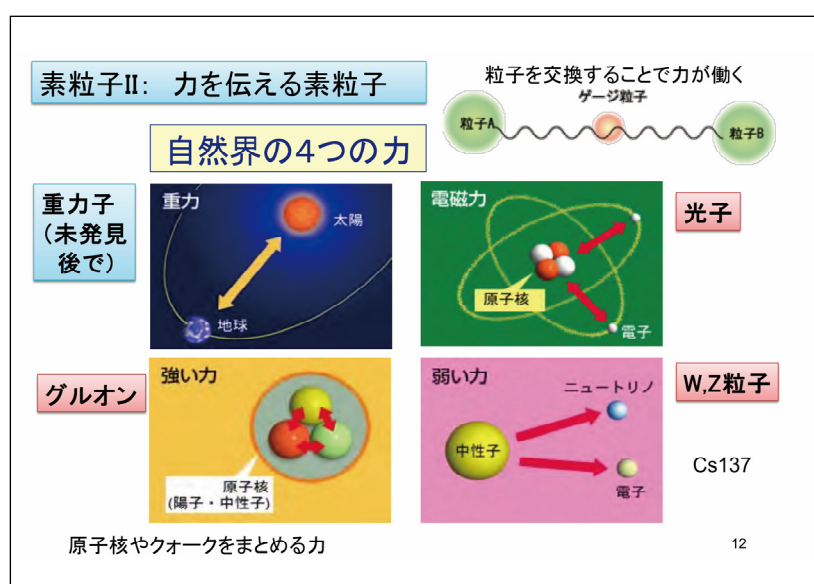


図-9

〈図-9〉一方、力を伝える素粒子は、先ほどお話ししたように、粒子間で粒子を交換することによって力が働くわけです。

自然界には図で示した4つの力があり、その中で皆さんが最も感じるのは重力だと思います。重力を伝えているのは「重力子」と呼ばれているものですが、これは、実はまだ見つかっていません。「電磁力」と呼ばれている電気の力と磁気の力はプラスとマイナスを引きつけ、S 極と N 極が引きあう力は光子(光)によって伝えられています。そのほか、強い力と弱い力があり、それぞれを伝える素粒子というのもあります。

■ ヒッグス場の発見へ——素粒子の矛盾から

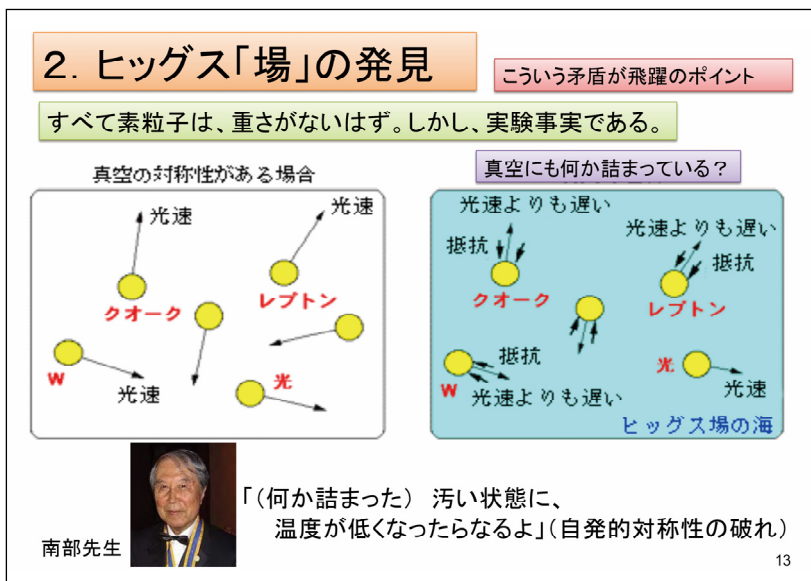


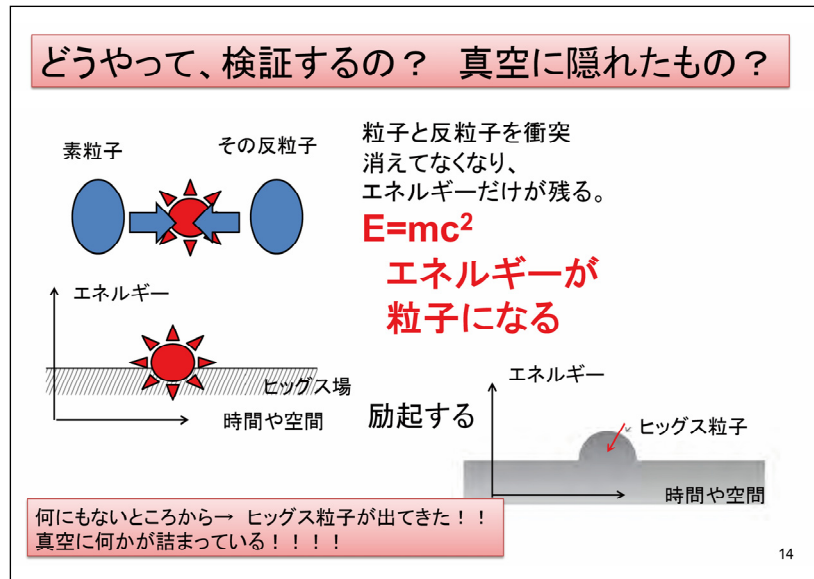
图-10

〈図-10〉素粒子が、物質を形作るものと力を伝えるものの2グループだけであれば、実は不思議なことが起こります。理屈上、すべての素粒子は重さを持つてはいけないということが分かるのですが、実は光のスピードで動いています。しかし、実際には光のスピードよりも遅くなって、質量を持っている素粒子が多くあるのです。これで止まることができて、原子核や原子、そして皆さんの体や星が誕生したのです。

では、この矛盾は一体何なのでしょう。こういう矛盾があるときに、学問というのは実は最も進みます。本当は質量がないにもかかわらず、実際は世界には質量があるので、恐らく何かが詰まっているのではないかと。真空中に何か詰まっています、抵抗という少し語弊がありますが、その効果を受けて光のスピードより遅くなっているのではないかと。それゆえ、何か詰まっているのではないかと。こういった可能性が指摘されたわけです。

最初にそういう考え方を提唱されたのが南部先生です。「温度がどんどん低くなったら、自然は、汚い状態になりますよ」という考え方で、これを「自発的対称性の破れ」と言います。しかし、本当にこのようなものに我々の世界が詰まっているのかについては、やはり実験で検証しないとイケないわけです。物理学というのは実験で検証されて、初めて学問になります。

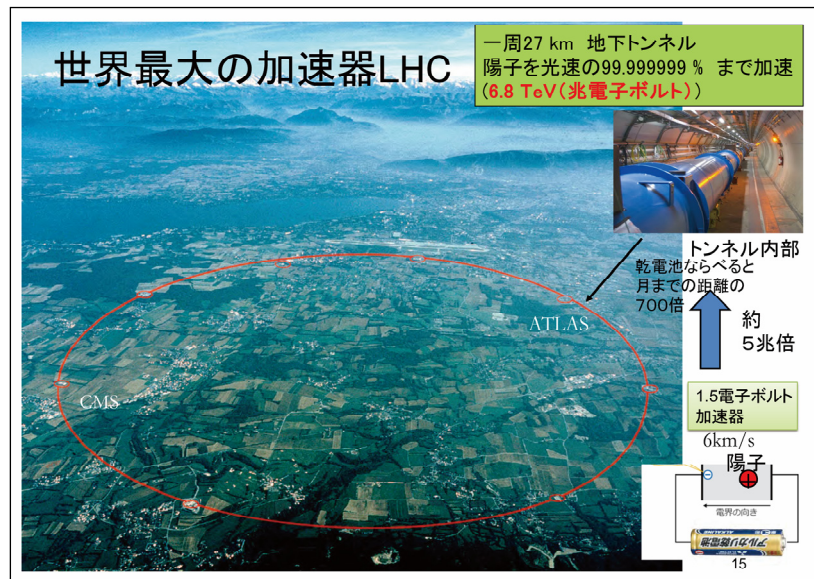
■ 加速器による検証



図－11

〈図－11〉では、どのように詰まっているものを探すのか、それが問題になるわけです。どのように探そうかということで、何をするかというと、「加速器」と呼ばれているものを使い、粒子と反粒子を加速して衝突させます。そうすると消えてなくなるのですが、エネルギーだけは残るのです。このスライドの中央あたりにあるのが世界で一番有名な式ですが、エネルギーがあると質量が生まれる、つまり粒子になるということで、そうしたエネルギーがあったとします。もし何もなければ、このエネルギーから粒子と反粒子がまた出てくるだけです。ところが、もし真空中に何かが詰まっていたとすると、この何かを「ヒッグス場」といいますが、このエネルギーがたまにヒッグス場に与えられます。そうすると、ヒッグス場が励起されてヒッグス粒子と呼ばれているものが出てくるのではないかとということが提案されたわけです。

何もないところにエネルギーを与えたらヒッグス粒子が出てきたということは、実は真空中に何かが詰まっているのではないかとこの発見ができるというわけです。こうして加速器で衝突させて実験しようということになり、世界最大の加速器「LHC」と呼ばれているものをつくりました。

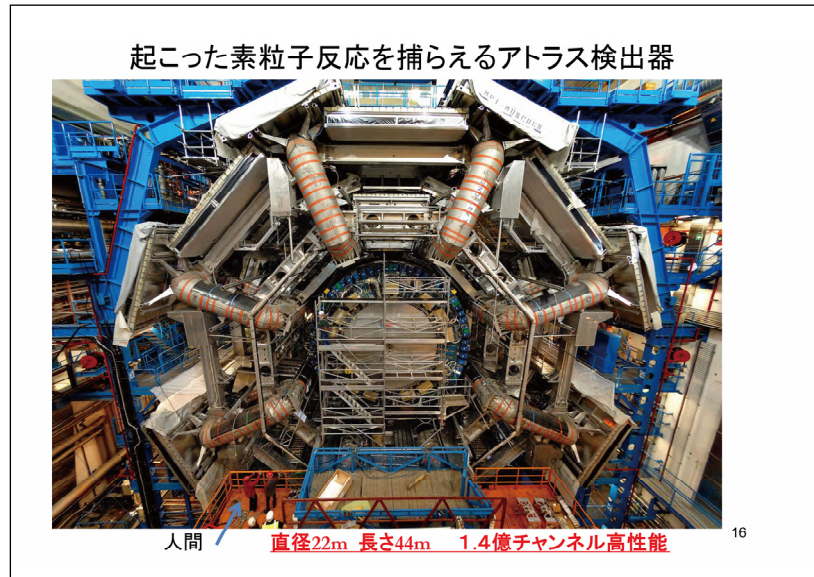


図－12

〈図－12〉世界最大の加速器は CERN（欧州原子核研究機構）が建設した LHC（大型ハドロン衝突型加速器）です。写真に写っているのはジュネーブで、奥がスイス・アルプス、手前はフランスで、地下 100 メートルに 1 周 27 キロの加速器があります。そこで光のスピードの 99.999999 と 9 が 8 個並びますが、それくらいまで陽子を加速して衝突させます。

では、加速器とは何かというと、実は簡単で、乾電池を 1 本持ってきて、右下の図のように電極をつけ、真空にして陽子を置きます。陽子はプラスの電荷を持っていますので、マイナスの方向に引っ張られます。たった 1 個の乾電池で 6 km/s まで加速することができます。非常に速いです。それを約 5 兆倍するために、もし乾電池で 5 兆倍しようと思うと、地球から月までの距離のおよそ 700 倍の乾電池を並べないといけないくらいなのですが、もちろん乾電池で加速するわけではなく、高周波と呼ばれているものを使って加速をします。その高周波で加速すると、このような加速が可能になるわけです。

■ 検出器により、ついにヒッグス発見



図－13

〈図－13〉 そのように陽子を加速し衝突させて、ヒッグス粒子を生成します。そのヒッグス粒子を捕らえるための検出器と呼ばれているものがあります。

ヒッグス粒子ができたあと、そのままいてくれるといいのですが、すぐに壊れてしまうのです。壊れた粒子について、どのような粒子が、どの方向に、どれだけのエネルギーを持って出たかというのを精密に測定することによって、真ん中にある陽子の衝突点で何が起こっていたかを調べるわけです。

この写真はそのためにつくった検出器で、下の方にある赤い台の上に赤いシャツを着た人が写っています。見にくいのですが、これが人間のサイズです。直径 22 メートル、奥行きは約 50 メートルあり、中に 1.4 億チャンネルのセンサーがぎっしりと詰まっています。

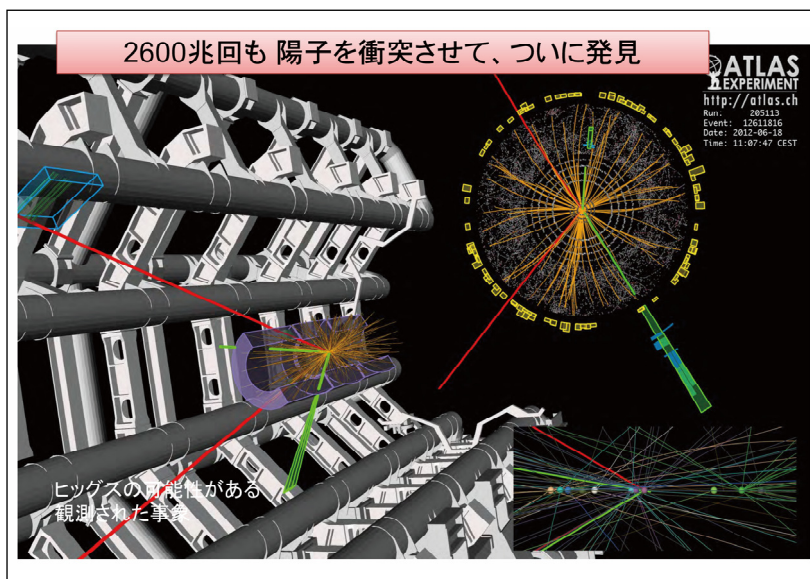


図-14

〈図-14〉このような検出器を使い、2,600兆回も陽子と陽子を衝突させて、ついにヒッグスが見つかったのです。



図-15

〈図-15〉左側が2011年12月の新聞で、右側がその翌年7月の新聞です。「99.98%」とか、「99.9999%の確率でついに発見した」と報道されました。

■ 神様はさいころ遊びが好き

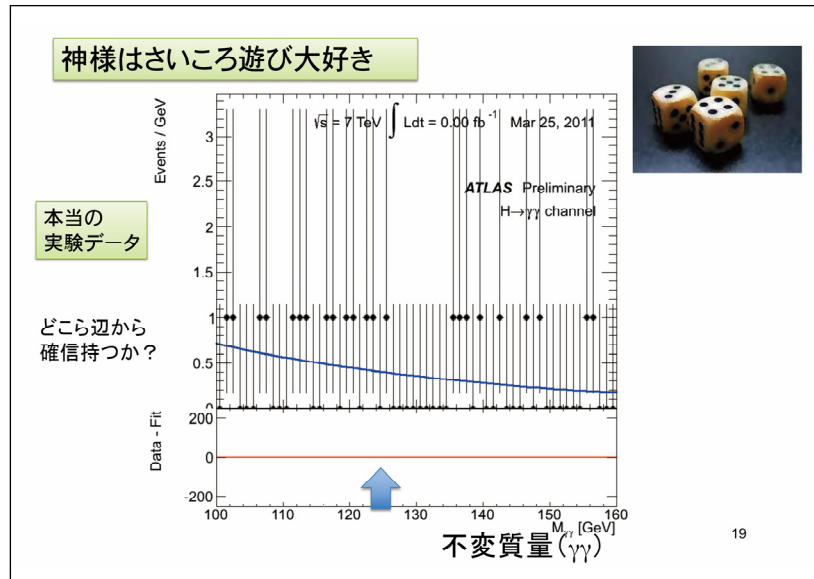


図-16

〈図-16〉このグラフは動画で、実際のリアルデータです。矢印がある辺は常に多くなっています。

神様というのは、さいころ遊びをするのです。実際、グラフの青色の線は何かというと、光 2 つの現象をつかまえているので、関係のない光が 2 つ出てきて、それが 1 個の粒子から出てきたかと思って計算したのが横軸です。2 つの光が関係なかったとすると、ランダムに分布します。ランダムに分布するというのはこの青い線なのですが、青い線上で矢印で示した辺りだけが多くなっています。

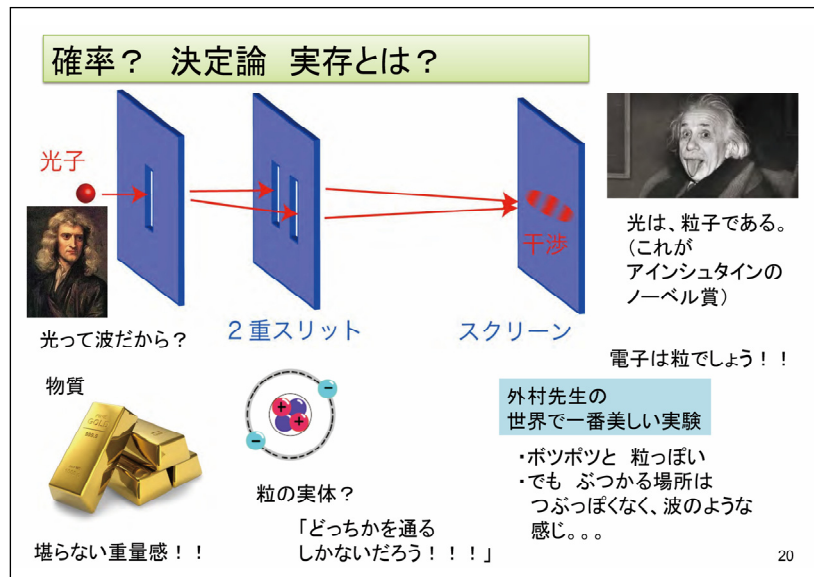


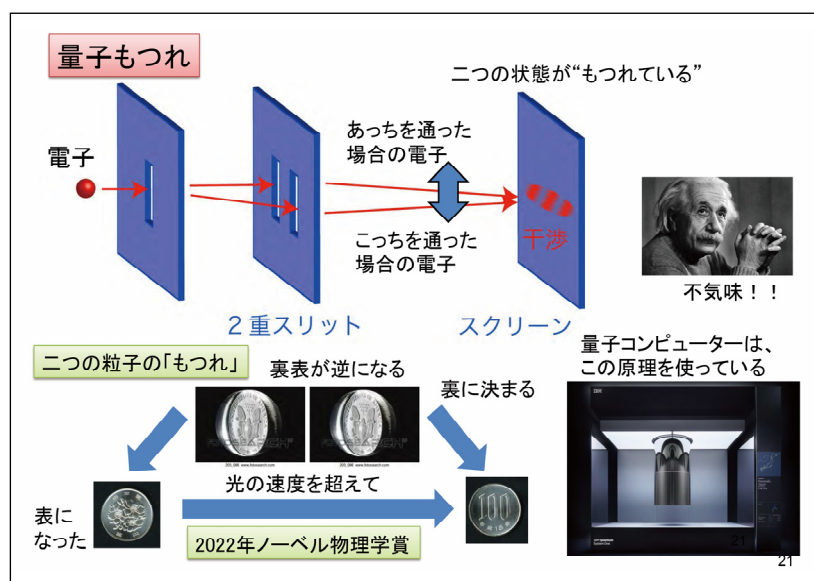
図-17

〈図-17〉ではなぜ、神様はこのようなさいころ遊びをするのか、それが問題になってくるわけです。これは確率で、実存とは何だということ、必ず何かがあるように思われるのですが、スライド上側の図は二重スリットの実験と呼ばれていて、二重スリットにするとスクリーンに干渉模様が

現れます。波だとすると、1 つ目のスリットを通ったときと 2 つ目のスリットを通ったときに干渉して波ができます。ところが、アインシュタインは「光は粒である」と言い、それがアインシュタインがノーベル賞を受賞した理由となっています。

光が波であれば、スクリーン上で波のように見えるかもしれませんが、もしそうであったとしたら、二重スリットの右か左の一方を通るしかないと思います。実際、電子は粒だと思われていますが、電子でこのように二重スリットの実験をするとどうなるのでしょうか。この動画は日立の外村先生が行った実験なのですが、世界で一番美しい実験と言われています。電子をスリットに通して、右を通したときと、左を通したときをスクリーンで観測しています。誰が考えても電子は粒です。そうすると、右を通ったときは右でピカッと光るはずですし、左を通ったときは左でピカッと光るわけです。したがって、右と左にしかないだろうと思われるかもしれませんが、一気に通すわけではなく、1 個ずつ電子を通してランダムに散らばった感じになるのです。ポツン、ポツンと来るので、やはり粒なのかと思われれます。しかし、次々と繰り返していくときれいな波が見えてきます。やはり粒である電子もこのように波としての性質も持っています。したがって、ポツポツとぶつかる感じは粒っぽいのですが、ぶつかる場所は粒っぽくなく、波のように振る舞うのです。電子はスライド下の図にあるとおり粒のように描かれますが、波と粒の両方の性質を持っていることが分かってきました。しかし、なぜこのようなことになっているのかは分からないわけです。

■ 「量子もつれ」という不思議な性質



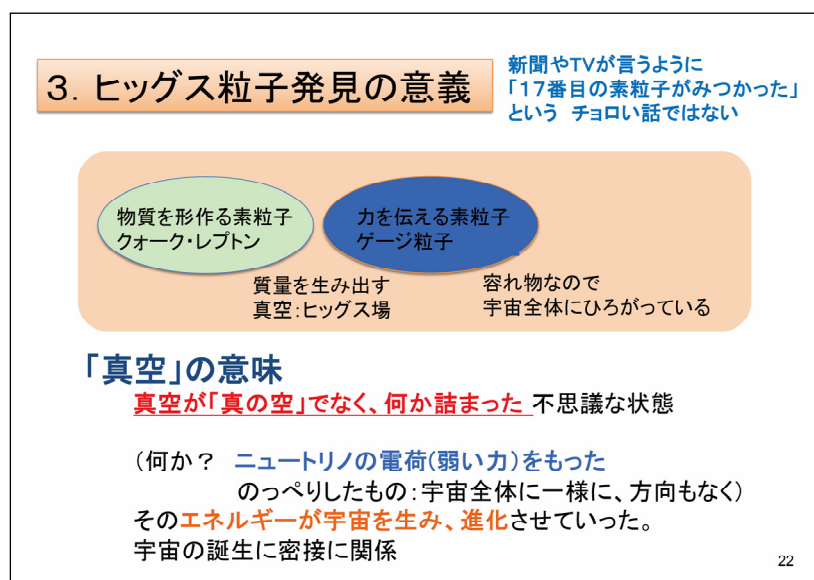
図－18

〈図－18〉実際にはどういうことかという、右を通った電子と左を通った電子の 2 つの電子がもつれているのが、「量子もつれ」という状態です。スライド下の図のように、2 つのコインの表と裏が必ず逆になる「量子もつれ」という条件をつけ、ぐるぐるっと回します。ぐるぐるっと回しているものをどんどんと離していくと、左が表になった瞬間に右が裏ということが決まるわけです。光のスピードよりも速いという変ですが、左が表になった瞬間に右がもう決まってしまうのです。

「これはどう考えても変でしょう」と、アインシュタインはこのような量子力学をというものを否定しましたが、実はこの原理を使って量子コンピュータは動いています。なぜかという
と、左が表になる確率が 1%で、右が裏になる確率が 99%のときと、右と左の確立がそれぞれ
5%・95%、30%・70%など、いろいろな場合を 1 つがぐるぐると回っている状態で実現してい
るわけです。そのため、それについて計算すると、いろいろな確率の場合の計算をいっぺんにす
ることができるようになり、非常に速い計算ができる可能性があるので、量子コンピュータが
今、非常に注目されているのです。

では、なぜ左が表になった瞬間に右が裏になることが決まるのか、これは非常に大きな問題
です。これについては後でお話しします。量子のこのような不思議な性質があり、量子もつれに
よって量子コンピュータが動いていることを頭に入れておいていただければと思います。

■ ヒッグス粒子発見の意義



図－19

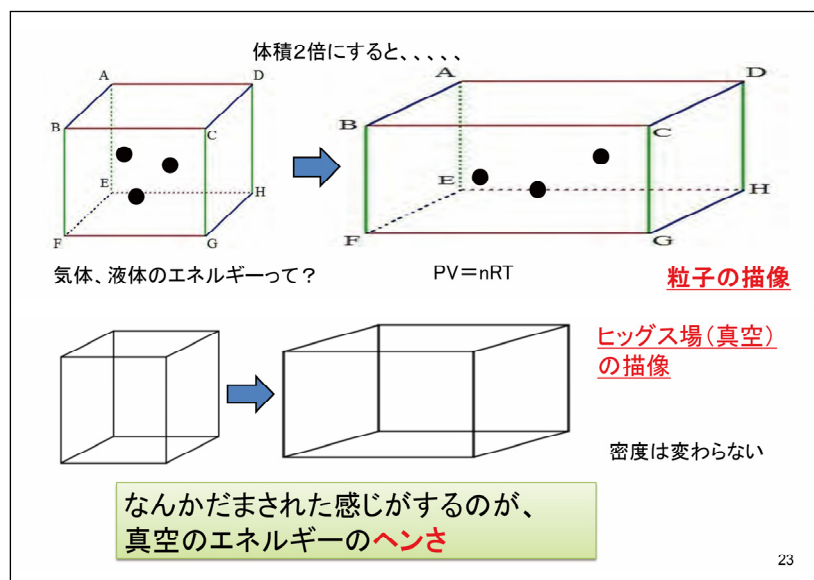
〈図－19〉次はヒッグス粒子発見の意義についてです。発見当時、新聞やテレビに「決して 17
番目の素粒子が見つかったと書かないでください」と言ったのですが、すべての新聞、テレビが
「17 番目の見つかりました」と伝えていました。ウソではないのですが、実はそのような簡単
な話ではないのです。

先述したように、クォーク・レプトンと呼ばれている物質を形づくる素粒子野グループと、ゲー
ジ粒子と呼ばれている力を伝える素粒子のグループがあります。ヒッグスとは何かというと、宇宙
全体に広がっているもので、3 番目のまったく新しいカテゴリーのものが見つかったわけです。

真空は、漢字では真（まこと）の空（から）と書きますが、実は空っぽなのではなく、宇宙
全体に何か変なものが詰まっていることが分かりました。これがヒッグス粒子発見の意義です。
そのような変なものが見つかっててもどうでもいいのではないかとと思われるかもしれませんが、こ
れはすごいことだということを、後ほど改めて説明します。

これは実は粒でなくて、場が宇宙全体に広がっているということが鍵なのです。ニュートリ
ノと同じ性質を持ったものが宇宙全体にのっぺりと広がっていることが分かったのです。

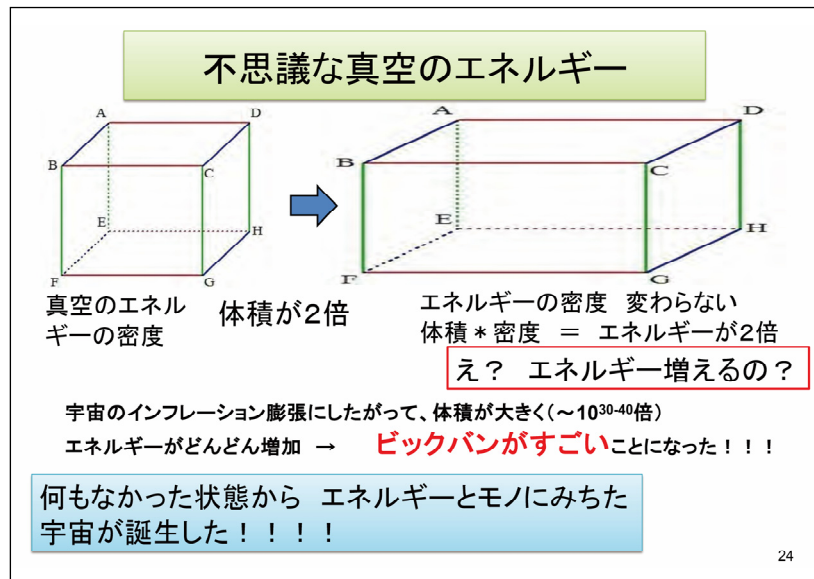
■ 真空のエネルギーの不思議



図－20

〈図－20〉 その何が素晴らしいのかと思われるかもしれませんが、液体や気体の体積を2倍にするとどうなるでしょうか。当然のことながら密度が半分になります。だからこそ、 $PV=nRT$ という式が成り立っているわけです。普通であれば、体積を2倍にすると密度が半分になるので、エネルギーは保存すると思われるかもしれませんが、しかし、そう思うのは粒の概念に侵されてしまっているからです。3粒あるから伸ばしても3粒だと、そう思われるわけです。

ところが、真空の場合というのは粒ではなく、下の図のような入れ物だけなのです。したがって、体積を2倍にしても中に入っているものの密度は変わらないのです。仮に体積を2倍にすると、この中に詰まっているものは2倍になるので、エネルギーとしては2倍になります。このような不思議なことが起こっているわけです。



図－21

〈図－21〉このスライドの図で示したようなエネルギーが増えると言われていることが起こるわけですが、2 倍であれば大したことではないのです。しかし、実は宇宙の初期にインフレーションが起こったのではないと言われており、宇宙のサイズが 30 桁から 40 桁大きくなったと思われています。そうなるとうなっていくかという、エネルギーの密度は変わりませんが、宇宙のサイズが 30 桁倍、40 桁倍になっているため、エネルギー全体としても 30 桁倍、40 桁倍になり、非常に大きなエネルギーが生まれるわけです。

「ダークエネルギー」「暗黒エネルギー」という言葉を聞いたことがあるかと思いますが、暗黒エネルギーというのがまさしくこれです。何が違うかという、暗黒エネルギーは非常に小さいです。実験事実として、真空にヒッグス場があるということは分かりました。これは間違いない事実です。しかし、このヒッグス場をつくるエネルギーは、観測されている暗黒エネルギーの 60 桁大きいものなのです。したがって、このような宇宙ができてはいるはずがないのです。ヒッグス場に非常に大きなエネルギーがあれば、宇宙は非常に小さくなるはずなので、本当はこのような宇宙ができてはいるはずがないのです。

したがって、大きな矛盾があり、これが恐らくまた次のステップを生むのだらうと思っています。ただ、ヒッグスが暗黒エネルギーの 60 桁も大きいので、これがなぜ何の悪さもしないのかはまったく分かっていません。しかし、このようなものがあることが、ようやくヒッグスの発見によって確定したわけです。

■ ヒッグスがインフレーションを起こす

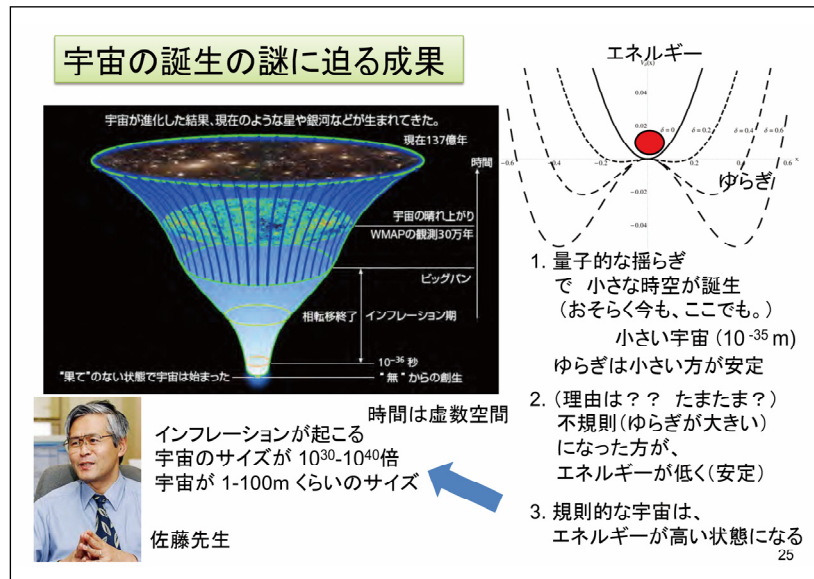


図-22

〈図-22〉今、この宇宙がどのようにできていると思われているかというと、佐藤勝彦先生が、インフレーションが起きたと提唱されました。実は皆さんの目の前でも、恐らく宇宙というのは「よどみに浮かぶうたかたは、かつ消えかつ結びて、久しくとどまりたるためしなし」と同じようなもので、ここでも、そこでもできていると思われます。ただ、その宇宙のサイズはどのくらいかというと、10 のマイナス 35 乗メートルです。つまり、先ほど見た人類が測定できるサイズよりも、さらに 16 桁下のサイズの非常に小さい宇宙が、この辺りに絶えずできているのではないかと思います。普通、そういう宇宙は「よどみに浮かぶうたかた」のように、すぐに消えてなくなります。

ところが、これはまだ理由はよく分かっていませんが、何か少しでも揺らいだほうがエネルギーが低くなったとします。そのような状態が仮に生まれたとして、その場合どのようなことになるでしょうか。右上の図で示したように、ゆらいで中心からずれたほうが安定なのですが、もともといた中心にしばらくいることで少しだけ不安定な状態にあるわけです。このようなことが起こると、実はインフレーションが起こるというのが、佐藤先生が提唱された理論です。こういう状態に仮になったとすると、宇宙はどんと大きくなり、インフレーションが起こるというわけです。

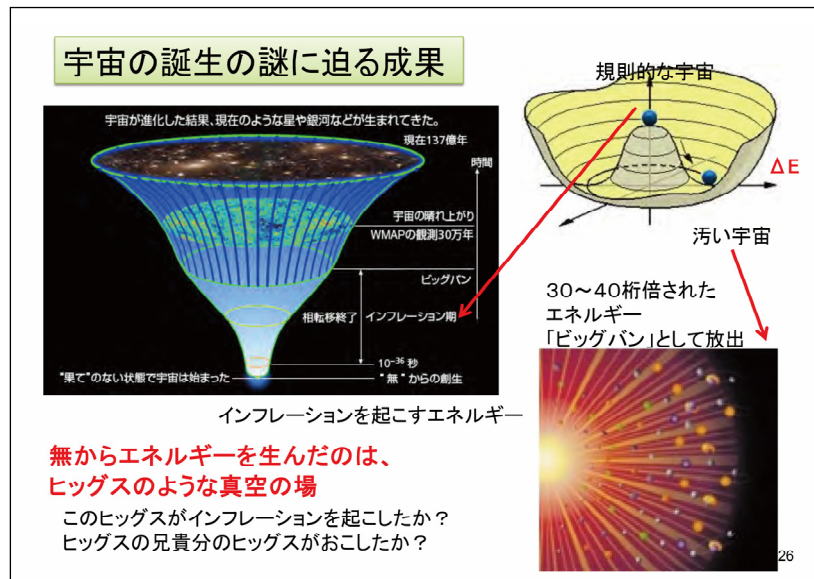


図-23

〈図-23〉ただ、いつまでも右上の図にある「規則的な宇宙」の状態にいることはできません。いつかはコロコロと転がってエネルギーの低いほうに行くわけです。そうすると、少しですがエネルギーが出てきます。普通は少しなのですが、先ほど述べたように、宇宙のサイズが40桁倍、つまりゼロが40個並ぶほど大きくなっているのです。40桁倍された非常に大きなエネルギーが「ビッグバン」として放出されたと、まだ検証されてはいませんが、今はこのように考えられています。

そういう意味で、何もないところからエネルギーを生んだのは、恐らくヒッグスのような真空の場なのだろうと今は思われています。この発見されたヒッグスがインフレーションを起こしたのか、そうではなく兄貴分のヒッグスがインフレーションを起こしたのかは残念ながらまだ分かっておらず、これについては現在検証されています。

要するに、皆さんの目の前にも絶えず宇宙はできているわけです。ほとんどのものはすぐ消えてなくなります。では、なぜ大きくなる宇宙があるのか？という話になっていくわけです。

いっぱい、量子的な宇宙ができているとすると
 なぜ 我々の宇宙だけが???



安定する条件?
 10^{500} 通りの宇宙

Universe でなくて
 Multiverse ?

科学は、必然があると言う前提

「人間原理」

↕

進化: 理由か結果か?

ここまでこられると
 もう どうしていいのか。。。

27

図-24

〈図-24〉そこで、安定する条件をいろいろ考えると、10 の 500 乗という数の宇宙ができてもおかしくないそうです。これはかなり眉唾の話ではありますが、そうだとすると、いろいろな宇宙があるのではないかとわれています。ユニバース (Universe) のユニ (Uni) というのは「1 つしかない」という意味なので、1 つしかないと思っていたのですが、実は宇宙というのは多くあるのではないかと最近では考えられています。

ただ、この説を認めてしまうと科学でなくなってしまう。科学というのは必然があるから調べるわけです。それに対して「人間原理」と呼ばれている考え方では、別に理由があるわけではなく、「何かこうなっただけでこういうことになり、この宇宙だからこういう生命体が生まれ、宇宙を観測しているだけなのだ」ということになってしまいます。それでは科学をする意味がなくなると言ったら怒られるかもしれませんが、実際、これは検証のしようがないので、どうしようかと思っています。

■ 宇宙でなぜ物質が誕生したか

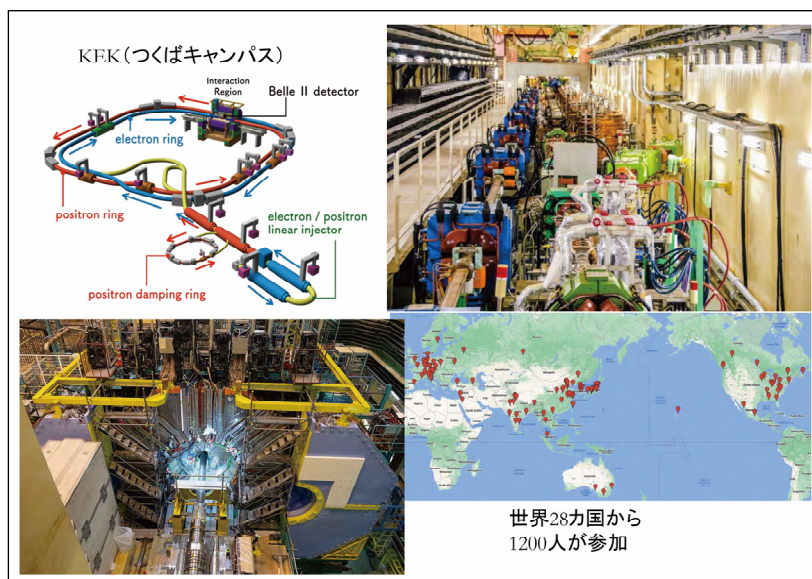


図－25

〈図－25〉そういうわけで、エネルギーはきっとこのように誕生したのだろうということが分かりました。では、なぜそのエネルギーから物質が生まれたのかというのが、日本が研究しているテーマです。ヒッグス場でできたエネルギーから、どうしてこのように宇宙を満たす物質がこれほど多くできたのかという研究をしています。

日本は、この可能性を大きな加速器を2つ建設して研究しています。左の写真はつくばキャンパスを上から見たものですが、1つは SuperKEKB と呼ばれている加速器で、つくばキャンパスに建設しました。

■ 国内2カ所で進められている研究



図－26

〈図－26〉世界 28 カ国から 1,200 人の研究者に集ってもらい、つくばキャンパスで加速器を

つくってぐるっと回し、反対側にも回して衝突させて、物質が生まれた理由を調べる実験を行っています。

〈図-25〉もう1つの可能性は何かというと、実は物質をつくったのはクォークではなく、レプトンに属するニュートリノが物質をつくっているという可能性です。それを調べるために、東海村にもう1つ加速器を建設しました。

この加速器で人工のニュートリノを生成し、そのニュートリノを300キロ先にある岐阜県の神岡に向けて発射する実験を行っています。この実験には世界15カ国から600人が参加しています。

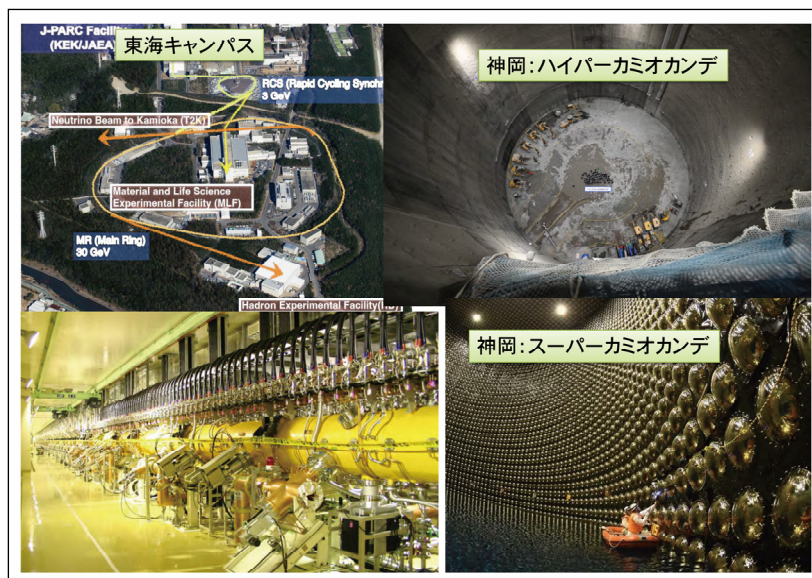
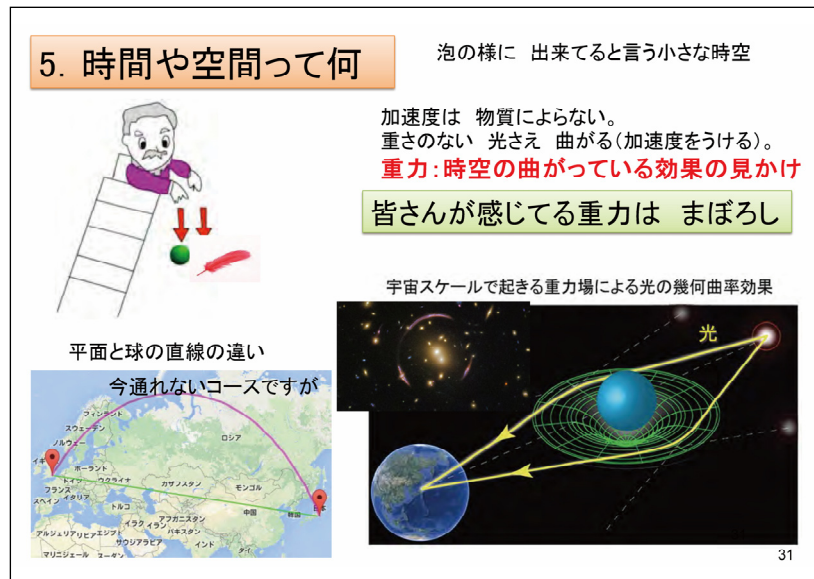


図-27

〈図-27〉東海キャンパスで膨大な数のニュートリノを生成し、神岡の方向に発射します。左下の写真は加速するための加速器で、今はスーパーカミオカンデに向かって発射しています。

右上は6月の写真で、私もこのどこかに写っているのですが、ハイパーカミオカンデの空洞が完成し、ここから右下のような水槽をつくる準備をしているところで、2028年から実験を開始する予定です。物質の起源を解明する可能性としては、つくばの SuperKEKB か東海村の J-PARC のどちらかしかありません。KEK（高エネルギー加速器研究機構）は両方に賭けていて、半か丁かで半丁と賭けるわけですからずるいかなと思いますが、両方やっていますので、もし「物質の起源の解明か」というニュースが出たら、このどちらかの施設の話だと思っていただければと思います。

■ 時間や空間とは何か



図－28

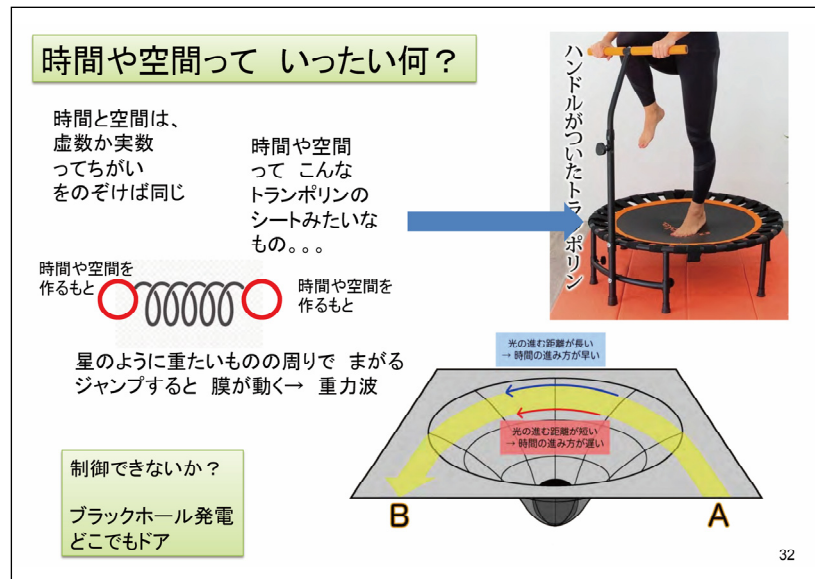
〈図－28〉真空が宇宙の誕生の謎をつくっていることは分かってきたのですが、では時間や空間とは何でしょうか。最初に泡のように時間や空間が生まれているという話をしました。左上の図はピサの斜塔の実験で、本当に行ったわけではないらしいのですが、鉄の玉と羽根を落とすと、空気抵抗がなければ同じ加速度で落ちます。

質量のない光でさえも実は同じように曲がります。右の図はアインシュタインリングと呼ばれていますが、遠いところにある光が銀河団の重力を受け、右を回る光と左を回る光になり、地球からはこのように輪っかに見えます。重力が質量によるものだとすると、光は質量がないので曲がらないはずですが、光でさえも曲がるわけで、皆さんが感じている重力というのは実は幻で、ないものなのです。なぜかという、時間や空間が曲がっているため、あるように見えているだけなのです。

左下の図は、今は通れないコースですが、日本からヨーロッパへ行く場合の大圏コースと呼ばれている航路です。地球は球面なので、球面の上での直線を飛んでいるわけです。しかし、人間というのは自分が曲がっているとは思わないのです。球面の上を通ると、実際には曲がって飛んでいるわけですが、自分は曲がっていることに気づかず、真っすぐ飛んでいるように思うのです。曲がっているように見えているのが実は時空です。時空が曲がっているから重力として見えているだけで、皆さんが感じている重力というのは、そういう意味で幻です。

では、先ほどお話しした「重力という力をつくっている重力子」とは一体何なのかといわれるかもしれませんが、時間や空間をゆがめるものが重力子です。ゆがめた結果、曲がってしまい、それが力のように見えているのが重力なのです。したがって、何度も言いますが、皆さんが感じているのは幻なのです。

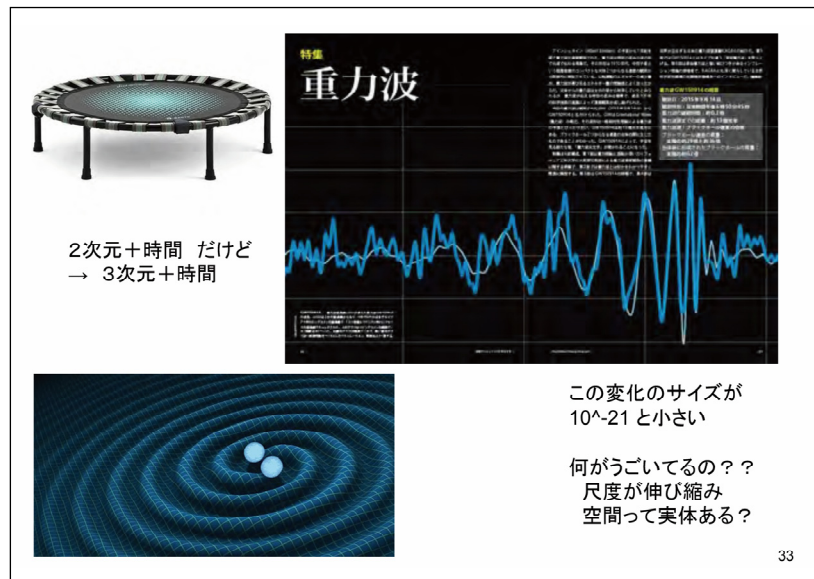
■ 時間や空間をゆがめる重力の実態



図－29

〈図－29〉では、その時間や空間とは一体何なのかというと、実は時間と空間はまったく一緒です。何が違うかというと、虚数か実数かだけで、時間は虚数なのです。そのため、二乗するとマイナスになります。一方、空間は実数なので二乗してもプラスになります。ただそれだけです。それだけの違いを除けばまったく同じもので、時間や空間は何かというと、スライド右上のトランポリンみたいなものだと思ってください。二次元のトランポリンで伸びたり縮んだりするもので、時間や空間を作るもとである「原子」と呼ばれているものがあり、それが何かにつながっていて、さらに全体につながっていると思われています。

トランポリンの布の部分左の図のようなものでできていると思ってください。そこに乗るとどうなるかというと、へこんで伸びるわけです。伸びると右下のような形になります。そうすると、黄色の矢印のように、真っすぐ来ても曲がったように見えるわけです。これが重力の実態です。同時に内側を通ると、光の進み方も変わっているように見えます。



右図は日経サイエンスより

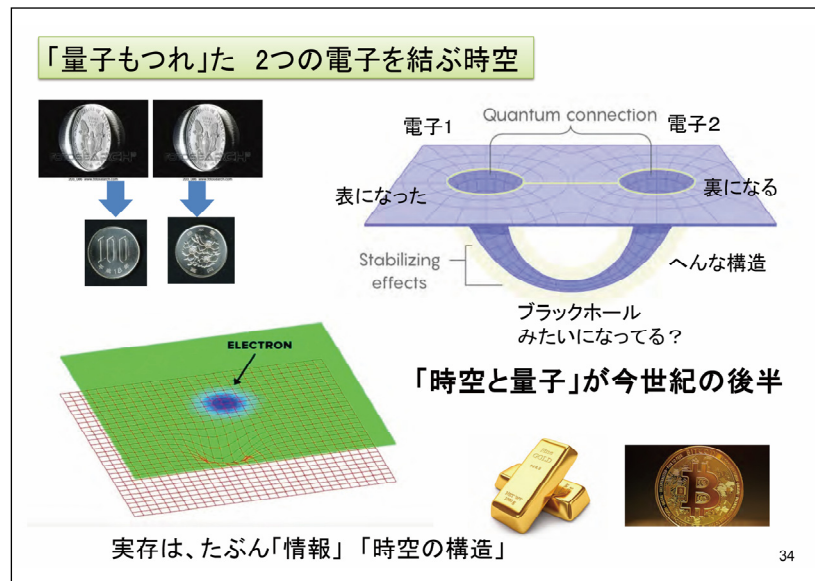
図-30

〈図-30〉これがジャンプするとどうなるかということ、下に向かって伸びた部分がぶらんぶらんと揺れ、それが重力波としてスライド左下のように見えてくるわけです。2017 年には、重力波という形で初めて観測した3名の物理学者にノーベル賞が授与されています。

そういう意味で、エネルギーがあれば時間や空間が曲がるということが分かってきました。これを制御できるようになればすばらしいことです。残念ながらまだできないのですが、できるようになればブラックホール発電もできるようになります。核の廃棄物をそこに捨てれば、最も効率のいい発電になります。ブラックホールに物を投げ込むと、高いところから低いところに落ちると発電できるのと同様に、発電効率も非常に高いです。ただ、どのように時間や空間を制御していくかについては、残念ながら人類はまだその知識を持っていません。しかし、それが可能になれば非常にすばらしいことになるだろうと思います。

トランポリンの布のようなものがビヨーンビヨーンと変化するのが重力波なのですが、その変化は非常に小さく、どのくらい小さいかということ 10 のマイナス 21 乗です。地球と月との距離の間で電子1個分動くかどうかというくらいの変化です。それくらい非常に小さいもので、どういふ変化か分からないし、「時間や空間を作るもと」が一体何なのかも実は分かっていません。この辺りの研究が今から大事になってきます。

■ 時空と量子の関係を探る研究が主流に



図－31

〈図－31〉先ほど説明した量子もつれについては、「左が表と決まった瞬間に右が裏になるのは変で、必ず情報が伝わっていき、表と裏が分かるはずだ。この伝わっていくのは光のスピードである」というのがアインシュタインの考え方です。左が表と決まった瞬間に右が裏というのがすぐに決まってしまうわけで、これはどのくらい離しても決まります。最近、中国が衛星を使ってこの量子もつれの検証も行っており、数千キロという単位で量子もつれが起こっていることは分かっています。

これはどういうことかという、スライド右上の図のように左が表と分かった瞬間に右が裏になるわけなので、電子1と電子2が量子もつれになっていたとすると、はっきりとは分からないけれど、ブラックホールのような感じで2つの時間と空間がつながっているのではないかと考えられています。しかし、まだこれはまったく分かっていません。

これはどういうことかという、時間や空間を作るものが複雑なネットワークのようなものをつくっていて、量子もつれの状態にあるようなものに何かあったときに、そのネットワークの情報がそのまま伝わっていき、その情報が保持されている、そのような感じになっているのではないかと考えられています。

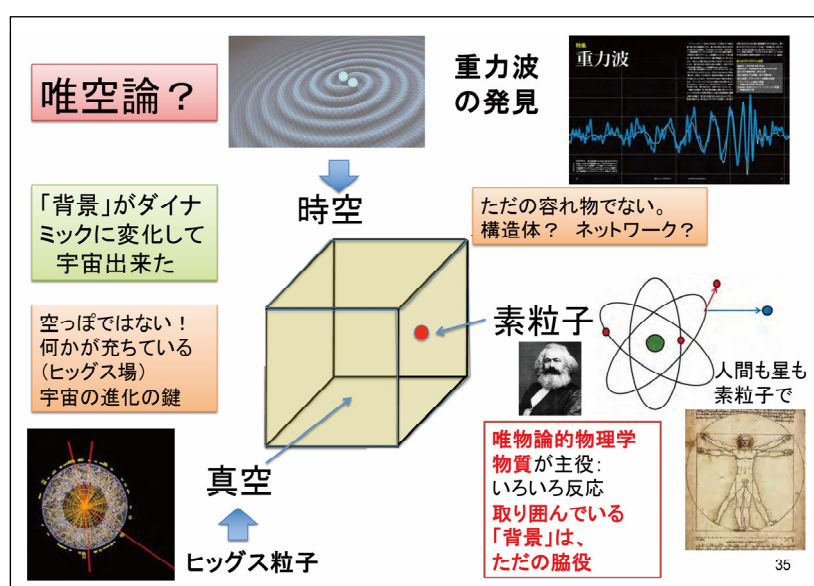
では、物質を形づくる電子は一体何なのかという、実は電子という実体があるのではなく、電子も恐らく電荷という情報なのだろうと考えられています。そこにエネルギーがあるから左下の図のようにへこみ、時間や空間にひずみが生じているような感じになり、そこに電子と呼ばれている“実体”があるようにみえているのではないかと考えられます。

情報というと、実体のないもののように思われるかもしれませんが、情報はエネルギーと一緒に、1つ知っているか知らないかという、この情報だけでも消すためにはエネルギーが要るのです。コンピュータがメモリの情報を消すために発熱するのはそういうことで、情報というのもエネルギーと一緒にです。そういう意味で情報は非常に大事なものです。恐らく、こういう電子と呼ばれている情報があり、それが何らかのエネルギーによって時間や空間をゆがませていて、そ

の時間や空間がゆがんでいるためにエネルギーを持っているように見えるのではないかと。そしてそれが量子もつれのような状態にあり、そのゆがみが複雑なネットワークで結ばれているようになっているのではないかと考えられています。ただ、この真偽については、今世紀の終わり頃に向けて、時間や空間と量子の関係を探る研究が主流になっていくのではないかと考えています。

そういう意味で、恐らく実存というのは情報なのではないかと思われます。ビットコインと金を考えると、ビットコインのほうが学問的には真実に近いのだらうと思います。ここは投資セミナーではないので、別にビットコインを買ってくださいと言っているわけではなく、今は金のほうが急速に上がっていますが、恐らくこのような実体というのも情報で、こうした情報によってできているのではないかと考えています。

■ 真空が宇宙をつくってきた——唯物論から唯空論へ



図－32

〈図－32〉そういう意味で我々の 20 世紀の学問というのは、素粒子や物質を研究していました。物質で唯物論的な物理学をやっていたわけです。物質が主流で、時間や空間というのはただのパラメーターの脇役ではないかと思っていたのですが、2012 年のヒッグスの発見により、真空というのは空ではなく、この進化が宇宙をつくっているということが分かりました。また、2017 年に重力波が発見され、時間・時空が揺らいでいて、しかもただの入れ物ではなく、量子もつれということを考えると構造を持っており、しかもネットワークになっているのではないかとすることが、今、言われるようになっていきます。

このように、時間や空間、真空が宇宙をつくってきたことが分かってきたわけです。そこでマルクスの向こうを張って、唯物論ではなくて唯空論と言っているのですが、まったく普及しません。そういう意味で、やはりマルクスは偉いのです。

■ 生活に大きく役立っている加速器



図－33

〈図－33〉「そんな役にも立たないことに巨額のお金を使って」と政府のお役人にチクチクと言われるわけですが、実は加速器は非常に皆様の生活の役に立っています。

スライド右上の写真は医療用の加速器で、今は中規模以上の病院には必ず陽子線や重粒子線のがん治療装置がありますが、そうした機器もすべて、小型ですが加速器です。昔は非常に大型だったのですが、今は小型化されています。実は日本で初めて陽子を使ったがん治療を行ったのが、今でいうところの量研（量子科学技術研究開発機構）と KEK です。KEK は医療機関ではないので、筑波大学と一緒に治療を行いました。

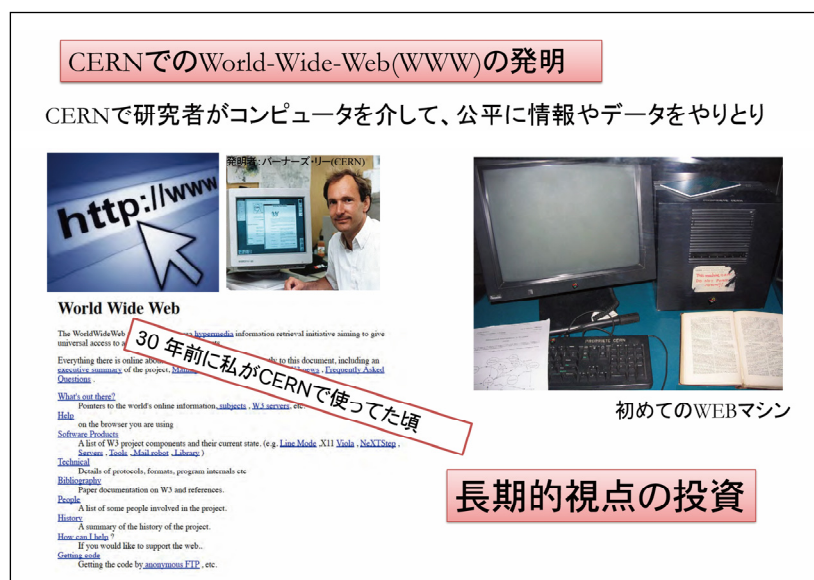
車のタイヤも、実は加速器がないとつくれないのです。加速器で「ラジアルタイヤ」と呼ばれているものをつくり、ゴムの性能を上げています。また、大型放射光施設「Spring-8」に行かれたことがあるかと思いますが、そこにあるのも加速器です。このように、加速器というのはいろいろな生活の役に立っています。

この装置ですが、実は非常に電気効率が悪いのです。台湾のある半導体メーカーがこの装置を8台ほど持っていますが、どのくらい電気を使うのかというと、全台湾の消費電力の10%がこの8台のマシンで使われているというくらい、消費電力が非常に大きいのです。そこで、さらに加速器を使って効率よくEUVをつくろうというのが新しい技術で、加速されて使わなかった電子がそのまま次の加速に使えるようになっていきます。この“Energy Recovery (ERL)”と呼ばれる技術を使うと、エネルギー効率が10倍以上よくなります。

その技術を使って電子を出し、その電子をアンジュレーターと呼ばれている施設を通すと、非常に強い光を出すことができます。これを半導体に応用する「半導体のリソグラフィ」の研究も今、いろいろな会社と一緒にしています。

この技術のいいところは何かということ、今EUVは13.5ナノですが、さらに細かいピッチの半導体をつくろうと思うと、“Beyond EUV (BEUV)”と呼ばれるEUVの半分の波長が必要になります。これにはレーザーを使った現在の技術での実現は不可能だと思いますので、そうすると加速器を使った技術が使われるようになるだろうと思っています。

■ 画期的な CERN による WWW の発明



図－36

〈図－36〉もう1つは何かということ、今ではスマホがない生活は考えられないと思いますが、WWWというのも実はCERNの研究者がつくったものです。30年前に私が使っていた頃のWWWはスライド左側のようなものです。研究者が平等にデータにアクセスするにはどうすればいいかと、写真に写っているバーナーズが考えたのがこのWWWです。当時はピッとクリックするとドキュメントがピッと出てくるだけで、何も面白いものではなかったのです。このようなものがお金になるとは、私は30年前には少しも思わなかったですが、それが今では一大産業をつくっているわけです。そういう意味では非常に長期的な視点があったといえます。

CERNに行くと、初めてのWWWのマシンがあります。右の写真がそのマシンですが、このCERNにあるのは本物ではありません。偽物というと怒られますが、本物はCERNがお金がなかったときにベル研に売却したそうです。日本で初めてWWWを行ったのはKEKです。こちらは本物が飾ってあります。KEKの博物館に行くと、コンピュータがあるだけで何も感動はしないのですが、日本で初めてのWWWサーバーの本物があります。

私もこのようなものがお金になるなど少しも考えませんでした、やはり非常に長期的な投資が必要になるというわけです。

少し早口になってしまいましたが、以上です。

【質疑応答】

司 会： 浅井先生、どうもありがとうございました。

では、ここからは皆様のご質問を受け付けたいと存じます。ご質問のある方は挙手でお知らせください。

質問者 1： 大変興味深いお話をありがとうございました。

質問ですが、今日のお話の最初に、宇宙がどこから始まったかというのがありました。では宇宙はエネルギーがないところから始まったのでしょうか。つまり宇宙は膨張しているわけですから、一般的に考えるとそこにエネルギーがありそうに思えますし、我々が生活している中でも、例えば電気のエネルギーを使っているし、いろいろな物質もエネルギーを持っていると思うのですが、もともとエネルギーはどうだったのでしょうか。

浅 井： 図-23 の内容が答えになります。恐らく、あなたの目の前でも宇宙ができています。その宇宙が持っているエネルギーは、非常に小さいエネルギーです。普通はすぐ消えてなくなります。ただ、不思議なのですが、図-22 のようなことを「自発的対称性が破れている」というのですが、これが起こったときに宇宙は急速に膨張できるわけです。

膨張すると、持っていた小さなエネルギー、このエネルギーは何かというと量子的に揺らいでいるだけのエネルギーですが、この揺らいでいる小さなエネルギーが、気がついたら 30 桁倍、40 桁倍され、エネルギーが生まれたと思っています。

では「エネルギー運動量保存則というのは成立しないのか」と、学習塾の先生などには怒られるかもしれませんが、成立しません。エネルギー運動量保存則は金科玉条のように中学、高校では習いますが、エネルギー保存則は何かというと、昨日の物理法則と今日の物理法則が一緒であるとしか言っていないのです。したがって、宇宙誕生の瞬間のように、時間がそこより前にないときは、エネルギーは保存しないのです。運動量保存とは何かというと、ここでの物理法則とそこでの物理法則とアンドロメダでの物理法則は一緒だと言っているのが、ただの運動量保存則です。つまり、エネルギー運動量保存則は非常に大事なもののように教わるのですが、実は物理的にはそれだけのことしか言っていないのです。したがって、宇宙に始まりや端があったときには、エネルギーも運動量も別に保存しなくていいのです。

今保存しているのかというと、今は保存しています。そういう意味で今日の物理法則と昨日の物理法則は一緒です。ただ、それも実はもう 1 つ問題があり、例えば図-23 の右上のような感じで上から下にコロコロと落ちるとします。もしも下にいたら「ここが底かな」と思うかもしれませんが、仮にもう 1 つ別の底があったとします。そうすると、底と思っていたところから別の底に変わると、また物理法則は大きく変わりますので、そのときはまたエネルギーを保存しなくていいのです。

そのため、エネルギー運動量保存則というのは大したものではないのです。ただ、今は完全に保存していますので、それは使っていただいて結構なのですが、宇宙誕生の瞬間というのは、今、ご説明したようなものです。

質問者 1： ありがとうございます。どうも無から有が生まれるというのがあまりぴんときないですね。今、この目の前で宇宙が生まれていてというのが。であれば、ここから太陽系もできるのですか。

浅 井： できます。できる可能性もあります。ただ、その確率というのはほとんどないのです。

質問者 1： ここで太陽系ができたなら、僕ら死んでしまいますよね。

浅 井： そうだと思います。ここでも絶えずできているのではないかと思われていますが、すぐに消えてしまいます。

司 会： ありがとうございます。ほかにご質問のある方はいらっしゃいますでしょうか。

質問者 2： 初めて参加させていただきました。貴重なご講演ありがとうございます。

こういった最先端の研究の技術を産業に最後生かすというところをご紹介いただいたのですが、ノーベル賞の方々の言葉ですと、まったく世の中に役に立たないことを研究しているという言い方をされる一方、このように産業につなげていくところは実際に起こっていると思うのです。そういったところを意識されている方というのは、どういうつながりで産業に応用されていくのか、最先端の研究をされている方と産業というのをつなげるところに、先生の思いといいますか、このようにするとつながる、いいきっかけになるなど、何かあればご助言頂けるとありがたいと思います。

浅 井： 科学者は、きっと役に立つだろうと思ってやっている人はごく僅かです。ほとんどは面白いと思ってやっているだけで、大変申し訳ないですが、基本的には好奇心だけでやっているものです。

そこで大事なのは、伯楽ではないですが、これがこのように使えるのではないかとつなぐ人が大事なのだらうと思っています。研究者に役に立つことをやれと言っても何もやらないです。これははっきり言います。怒られるかもしれませんが、何年か前に、基礎科学はなしにして、すぐに結果を出すものだけをやれということになり、そこから急速に日本の科学力がなくなっていきました。ここだけの話、「5 年後のアウトプットをすぐ出せ」という言い方をされると、結局答えが分かっていることしかやりません。5 年後に必ずここまでの成果を出さなければならなくなったら、人間は何をするかという、ここまで分かっているのであれば、それを結果にして、そこから遡ってこれだけのことをやりましょうと。旧ロシア圏のような、共産圏のような表現になりますが、そういうことになってしまうのです。「役に立つか立たないか分からなくてもいいから、とにかくやりなさい」と言われないと、人間は挑戦しません。なので、「5 年後に必ず成果を出しなさい」と言われたら、何も生まれないと思います。そこは確かです。

その上で、では「好き放題やっている」と言われたら、それもそれでよろしくなく、これは国民の税金ですので、その中で「これは使えるかな」と目利きする人が日本は著しく欠如しているかと思っています。私自身もそうです。当時、WWW が金になるなどまったく思いませんでした。だから今でも貧乏しているのですが、これが金になるなどということを認識できる人が、科学のそばにいる必要があるのかなと思っています。

それがどのように育つのかというと、育てるものでもないのかなという気がしますし、

よく分らないです。申し訳ない、答えにはならないと思うのですが。ただ、分かっていることは、本当に役に立つことだけをやれと言われて、大型の科研費も含めて 5 年後の成果を約束させられるのですが、これは何も生まないだろうと、新しいことは生まれないだろうと思います。答えになっていないと思いますが。

司 会： ほかはいかがでしょうか。

質問者 3： 先ほど重力のスライドのところで、素粒子があることによって、空間が曲がっているようなところで時間が生まれていて、時間というのはそれだけのことだということをご説明になったような気がするのですが、この理解でよろしいでしょうか。

浅 井： 時間と空間はほとんど一緒です。実は時間が 2 つの宇宙というのもつくれます。

質問者 3： ビッグバンというのは時間がありますよね。そこで空間のゆがみのようなものかどうかという関係があるのでしょうか。宇宙が生まれる前と生まれた後で、先ほどおっしゃったような空間と時間の区別がつかないという考え方の中で、ビッグバンというのはどのように時間を考えたらいいのでしょうか。

浅 井： まず、正確にはビッグバンではないですが、宇宙が生まれるより前は時間も空間もないです。時間と空間がポッポッと湧いては消え、湧いては消えているわけで、時間と空間がどういうことになっているかは分からない。時間と空間の区別がつかないというのは、例えば素粒子で見ると、時間も遡れるのです。皆さんは右に行くことも左に行くこともできますよね。前に行くことも後ろに行くことも、上に行くことも下に行くこともできる。ただ時間だけは遡れません。ところが、素粒子は時間も遡ることができて、そのような素粒子は反粒子と呼ばれています。そういう意味で、素粒子までいくと時間も空間も自由に遡ることができます。そのため、まったく区別がつかないです。

何が違うかという、先ほどお話ししたように、時間は虚数という不思議な性質を持っているだけです。では、なぜ素粒子は時間の方向がないにもかかわらず人間が時間を認識しているのかについては、よく分らないです。恐らく時間というのは考え方が 3 段階あって、1 段階目の考え方は素粒子が見る時間というのは空間とまったく一緒に、遡こともできるし、右や左に行くのと一緒に、時間が進む方向にも戻る方向にも進めます。そういう意味で空間とまったく一緒です。

ところが、いろいろなものが増えてエントロピーという概念が入ってくると、エントロピーが増える方向に時間というのが定義されるようになります。物質が多い世界の時間というのは、そういった意味で一方向の流れになってきます。これが 1 つです。

ただ、人間が持っている時間というのは、また違うのではないかと考えており、生命が持っている時間の概念も、恐らくまた少し違うのではないかと思います。東大の上田（泰己）先生のように、生命がどのように時間を感じているのかという研究をなされている先生もいますが、人間が持っている時間は、物質の時間ともまた違うのではないかと思います。

最後のは答えになっていないと思いますが、ただ、非常に多くの物があることによって、初めて時間の流れが定義できるようになります。それが熱力学第二法則だと思います。

質問者 3： 生まれるという言葉の中に時間の概念が入っているので、「ビッグバンで宇宙が生まれる」というような言い方をすると、宇宙の外に時間がないということが分かりにくいかなと思いました。

浅 井： 中にいる人しか分からないのですが、ビッグバンより少し前に、時間というのが一緒に生まれたわけです。したがって、その外側には一応時間や空間はないと思われています。

同時に 2 個、パッ、パッとできる中には、恐らく 2 個時間がある宇宙もつくことはできるのです。ただ、2 個時間があると因果律が成り立たなくなってしまう、因果律の成り立たない物理法則を僕はイメージできないのですが、そういう宇宙もつくることができます。しかし、試すことはできないので、頭の中でつくることができるだけです。

司 会： ありがとうございました。ほか、ご質問いかがでしょうか。

浅 井： 少し難しかったですね。申し訳なかったです。

質問者 4： 若い頃、空間にはエーテルというものが充満しているのだというのが否定されたと聞いて、そういう認識でいたのですが、今日のお話ですと、やはり何か満たされているということでしょうか。

浅 井： 満たされていますが、それはエーテルではないです。エーテルというのは光のスピードを定義するために存在している、絶対座標をつくるためのものです。満たされているからエーテルではなく、満たされているのは事実なのですが、エーテルというのは元々、絶対座標をつくるためのもので、エーテルに対して止まっている、止まっていないというのを定義するために考えたものです。

質問者 4： では、具体的に何か名前がついたものがあるというのは、また考え方が違うということでしょうか。

浅 井： エーテルではなく、ヒッグス場があるということは分かっています。それがあっているのは事実です。ただ、それがなぜ宇宙を小さくまとめないのかというのは分かりません。ヒッグス場は大変なエネルギーなのです。どのぐらいかというと、角砂糖 1 個分の真空を取り出したときに、その中に 10 の 52 乗ほど陽子が詰まっているぐらいのエネルギーがたまっていて、非常に大きなエネルギーがあるはずなのです。しかし、エネルギーがあると時間や空間は曲がるはずなのですが、曲がっていないのです。これが不思議で仕方がない。恐らく、それが今から大事な学問分野になっていきます。矛盾があるということは困ったことではなく、そこに何か新しいことがあるに違いないということなので、そういう意味で何か矛盾が見えてきたことは非常にいいことだと思います。

司 会： ありがとうございました。これでご講演を終了いたします。浅井先生、本日は本当にどうもありがとうございました。いま一度大きな拍手をお願いいたします。（拍手）

■このレポートは 2025 年 10 月 7 日、グランドアーク半蔵門において行われた、第 158 回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。本資料は本田財団のホームページでご覧いただけます。本田財団の書面による承認なしに、私的使用の目的以外で使用することはできません。



発 行 日 2026 年 3 月

発 行 所 公益財団法人 本田財団

104-0028 東京都中央区八重洲 2-1-1 YANMAR TOKYO 6 階

Tel. 03-3274-5125 Fax. 03-3274-5103

www.hondafoundation.jp

発行責任者 角 田 正 樹

©公益財団法人本田財団 2026 本書を無断で複写・複製することを禁じます。