

## KOSMOSフォーラム「21世紀の新しい宇宙観を探る」

フォーラム「宇宙と地球」～地球の起源、進化と未来を問う～

日時 8月25日(土) 14:30～16:30

場所 ベルサール神田

### パネリスト

内井 惣七(京都大学名誉教授)

海部 宣男(放送大学教授、国立天文台名誉教授・前国立天文台長)

佐藤 勝彦(東京大学大学院理学系研究科教授)

竹宮 恵子(漫画家、京都精華大学マンガ学部マンガ学科教授)

### コーディネーター

池内 了(総合研究大学院大学教授)

(司会) 本日は、第12回KOSMOSフォーラムにお越しいただき、ありがとうございます。開会に当たり、お願い事ですが、客席での飲食はご遠慮願います。また、携帯電話をお持ちの方は、電源をお切りいただくか、マナーモードに設定していただきますよう、お願い申し上げます。私は、本日司会進行を務めさせていただきます山崎です。何とぞよろしく願いいたします。

お待たせいたしました。ただ今より、第12回KOSMOSフォーラム「宇宙と地球」～地球の起源、進化と未来を問う～を、始めさせていただきます。このKOSMOSフォーラムは、財団法人国際花と緑の博覧会記念協会が1990年に大阪で開催された花の万博の理念「自然と人間との共生」を継承・発展させるため、実施しているものです。これまでの分析的、還元的な視点の科学ではなく、総合的、包括的視点でさまざまな問題にアプローチすることを目的に、毎年テーマを定めて議論を積み重ね、統合の知を目指すためのフォーラムで、今年で5カ年目となります。今年度のテーマは「21世紀の新しい宇宙観を探る」。今年度3回のうち初回となる今回は「宇宙と地球」と題し、天の川、銀河系宇宙の中で46億年の歴史を持つ地球の起源、進化と、危機的な状態にある地球の未来について考察させていただきます。

それでは、KOSMOSフォーラムを開始いたします。テーマは「宇宙と地球」～地球の起源、進化と未来を問う～です。では、パネリストの方にご登壇いただきます。京都大学名誉教授、内井惣七先生(拍手)。放送大学教授・国立天文台名誉教授、海部宣男先生(拍

手)。東京大学大学院教授、佐藤勝彦先生（拍手）。漫画家・京都精華大学教授、竹宮恵子先生（拍手）。そして、本日のコーディネーターを務めていただきますのは、総合研究大学院大学教授、池内了先生です（拍手）。池内先生、よろしくお願いいたします。

（池内） 皆様、暑い中お集まりいただき、どうもありがとうございます。

KOSMOSフォーラムは第12回で、今年度は3回用意されておりまして、今回はその3回のうちの第1回ということです。これだけたくさんの皆さんに集まっていただき、ありがとうございます。

まさに、この表題にありますように「宇宙観」というのが今回の3回全体をつかさどるテーマであります。今日は特にパネリストの皆さんは、お顔をご覧になって、あるいは経歴をご覧になってお分かりのように、そうそうたるメンバーです。

宇宙、地球、人間というつながりをさまざまな観点から見て、あるいは考えて、そして客観的に地球を見る、あるいは客観的に人間の歴史を見る。その中で、私たちが将来どうあるべきかを考えるということ、今回のフォーラムの大きな狙いだと思います。

宇宙は、137億年の歴史を持っているわけです。その中で、地球は46億年の歴史を持っています。そして、人類はホモ・サピエンスから数えると、ほぼ20万年の歴史です。そして、宇宙のことをアリストテレス等が論じ始めてから2500年です。そして、現在の私たちが正しいと考えているビッグバン理論が出て、ちょうど60年です。そういう節目というのは強引かもしれませんが、そういう時間の流れ、大きな時間の流れから現在に至るまで、そして未来をとらえ直す。ですから、非常に長い時間から、現在に至るまでの歴史を俯瞰する。その中で未来を考えていくということが一つです。

それから、もう一つは、私たちは宇宙を観測する。地球から宇宙を見るわけです。そして、さまざまな天体を見る。そして、宇宙から地球を見る。地球の時間的な歴史を見る。そして、その中で人類の位置付けを考える。人類が今地球に対していかなる問題を投げかけているかを考える。そして、それを未来への私たちの生き様へとつなげていく。大雑把に言ってその二つぐらいが大きなテーマになろうかと思いますが、そういう話をして、今日は皆さんと一緒に考える機会にしたいと思っています。

それでは、私は簡単にパワーポイントを用意していますので、少しだけイントロの意味を兼ねまして、宇宙旅行を楽しんでいただきたいと思います。

（以下パワーポイント併用）



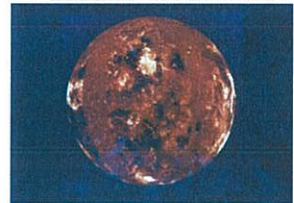
富士山です。実は私は現在、総合研究大学院大学というあまり知られていない大学にいますが、その大学から見た富士山です。これがいわば私たち日本人にとって、地球を象徴するものです。



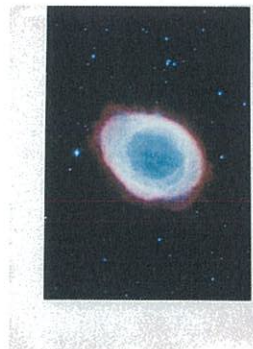
もう少し遠い世界に行きますと、コメット（彗星）が飛んでいます。彗星の大きさは5～10キロ、大きいものは40キロありますが、彗星というのは、端的に言うと大きな富士山とイイますが、富士山スケールの雪の塊が飛んでいるようなものです。



そして、これは母なる太陽です。太陽の恵みの中で私たち人間は生きることができる。X線で見ているので、太陽の激しい活動がわかると思います。

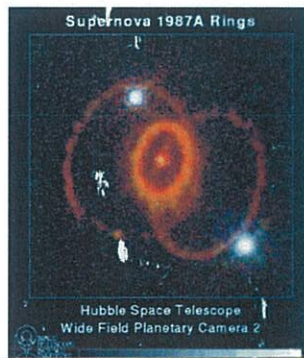


そして、なぜこういうものを示したかといいますと、太陽規模の星が一生を終えると、このような姿になります。太陽は100億年の寿命を持っていると考えられていますが、現在は46億年で、まさに中年にさしかかったところです。あと50億年そこそこでこのような姿になります。そして、地球の軌道はこの端っこの方にありますから、地球はいずれ太陽にあぶられて蒸発するかもしれません。それが宇宙の抜けられない運命の一つなのです。



しかし、それは50億年も先の話ですから、何も心配することはありません。むしろ現在の私たちが地球そのものの環境等をどう考えるかという方を、常に考える必要があります。

これは大きな星が爆発した場合です。このような大きな星が最終段階を迎えるときは、星の質量、星の持っている物質を、宇宙空間にばらまくわけです。それをばらまいてまた星が生まれ、進化し、ばらまいてということを繰り返す中で地球が生まれてきた。私は「私たちは宇宙の子供だ」と言っているのですが、このよう



な星が進化する過程で作られた重い元素がこのようにばらまかれて、やがて地球という塊になって生命が生まれた。そういうつながりがあります。

もう一つ遠いところ、300 光年ぐらいに行きますと、これはオリオン星座です。まさに私たちがいる天の川の中で、星が生まれている現場です。



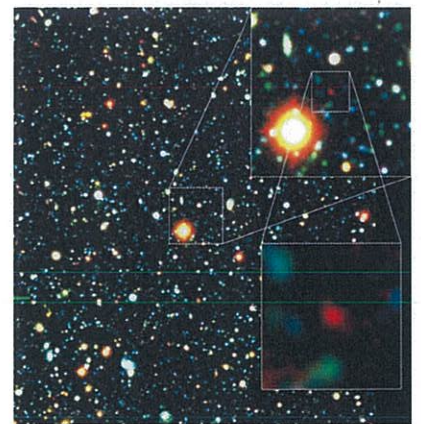
さらにもう少し遠くへ行きますと、これは星団（星の集団）です。星というのは通常は1個で生まれるのではなく、集団で生まれる。このように多数の星が一斉に生まれ、やがて散らばっていくのです。

さらにもっと遠く、1000 万光年ぐらいになりますと、これは銀河です。星が1000 億個も集まった銀河という塊で物質が存在する。

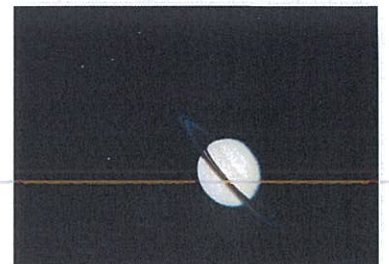


そしてさらに、これは6000 万光年のおとめ座銀河団といわれているもので、銀河が非常に多数集中している。こういうふうに見ると、もはや銀河はのっぺりとした姿になります。

さらに遠くへ行きますと、これは100 億年のかなたです。スバル望遠鏡で見たものだと思います。これを見ていただくと分かるのですが、ごく最近まで世界新記録を作っていましたスバル望遠鏡で、私たちが原理的に見える宇宙の端に近いところが、一番下に赤くぼつんと映っています。これが128 億6000 万年光年ですから、ほぼ130 億光年の距離にある世界新記録を作っていた本当に生まれたてに近い銀河です。



このように、富士山から始まって130 億光年までの宇宙には、さまざまな天体があり、さまざまな構造、さまざまな天体の歴史が集められています。





翻って私たちの太陽系を見てみますと、これは土星ですが、私たちの太陽系世界、あるいは太陽系の外の世界に関しても、どんどん知見が広がっています。まさに客観的に私たちが地球、あるいは太陽系をとらえる一つの道筋があると思います。



そして、これはお月さまから見た地球の姿です。まさに私たちはこの地球の上で生き、そして歴史を刻んでいる。そして、この地球の上から、宇宙のさまざまを見ています。

例えば、これはエジプトの人々が描いた宇宙図です。アトラスが天を支え、真ん中の池のように見えるのは実は地中海です。川はナイル川です。この地形図から出発して宇宙図へ広がっていった。暗闇では星が落ちてこないかと心配なので、ちゃんとしてつり下げてあります。まさに星の世界と人間が密接していたともいえるかもしれません。

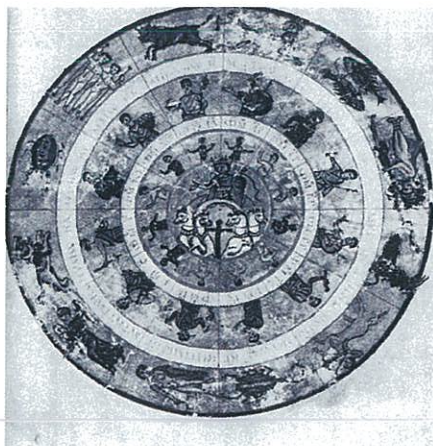


やがて、インドの人はこのような、尾を飲み込むへびの図を描きます。これはロゴマークによく使われていますが、まさに時間論を表しているわけです。始まりがあり、時間の経過があつて、尻尾が終わりになっている。それがまた新しい時間に引き継がれていく。巡る時間ですね。巡る時間という考え方です。

このように、人々の宇宙観、宇宙というのは空間と時間のことですから、人々の宇宙観はさまざまに違ってきます。

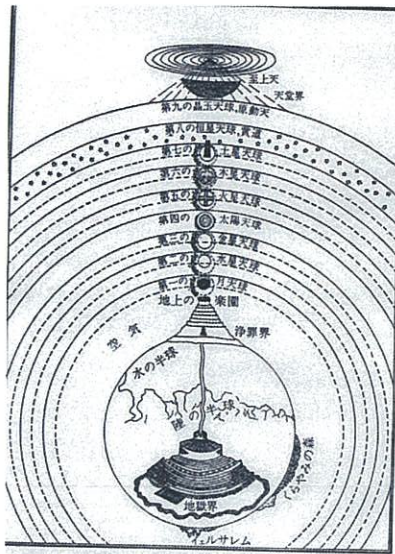


あるいは、これは分かりにくいですが、ローマ時代に書かれた黄道十二宮で占星術に使われたものですが、これが天の世界を分類していくものの一つになります。



255 ◆ 黄道十二宮。東ローマ、820年 (ウォレン・ケントン「イメージの博物館1・占星術」英訳文芸訳、平凡社)





176◆ダンテの宇宙図 (Ch. シンガニ『科学思想の歩み』伊東俊太郎ほか訳、岩波書店)

これはダンテの『神曲』のイメージを図柄化したもので、中心に地獄界、地面の下に地獄界があつて、一番外に至高天（天国）があり、その間に、この場合は九つの天球に包まれています。このようなダンテの宇宙図というのは、いわば現代においても西洋の人々の根底に少しはあるわけです。

ここまでは、実はある意味では物語としての宇宙です。しかし、その物語の中で科学が生まれてきて、科学的な宇宙像へつながっていったと考えられます。今日はこの科学的な宇宙観から、話を始めたいと思います。

まず、はじめに内井先生から、ニュートンの時代からの人類の宇宙観についてお話をお願いしたいと思います。では、内井先生、お願いします。

(内井) 内井でございます。私は関西出身ですので関西弁が入りますが、吉本の連中も東京で活躍していますので、しばらくご勘弁願いたいと思います。

私からは、人間、地球、宇宙をつなぐ人間の思索が、どのようなきっかけから科学と直接つながって歩み始めるようになったか、その前座の話をしたしたいと思います。

現代物理学は古典物理学から出発するわけですが、それを大成したのはアイザック・ニュートンということになっています。



これがニュートンです。これは私が描いた絵なのですが、てっぺんからリンゴが飛んだり、虹が出たり、人工衛星が回ったりしています。実は、このアイザック・ニュートンの力学、それからニュートン天文学、これが現代宇宙論につながる直接のきっかけを作ったというような、そういう話になっていくと思います。

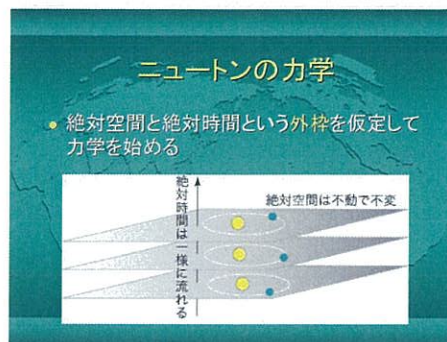


ニュートンのどこが偉いかといいますと、力学（力の学問）、運動の学問、それと昔は地



上とは全く隔絶した世界だと考えられていた天文（空の学問）とが万有引力の法則によって統合される、そういう大きなきっかけを作った人であります。

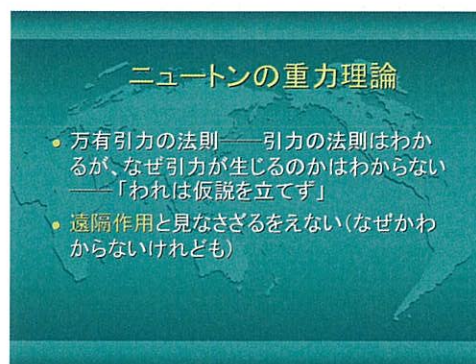
そして、この万有引力の法則、重力の法則というのが、実は科学的な宇宙論を考えるに当たって欠くことができないものでした。ただし、ニュートン自身の考えは、今からつい400年か350年ほど前の話でありますけれども、必ずしも現在の宇宙論とつながるようには見えないわけです。



ところが、重力というテコ、それから重力が働くようなバックグラウンド、そういう話をたどっていくと、「古きを温ねて新しきを知る」ということわざもありますように、ニュートンが考えたような問題が、意外とアインシュタインとか21世紀の宇宙論にもつながっているのではないかと感じます。こういうお話にもっていきたいと思います。

ご存じのように、ニュートンの力学というのは、空間と時間というものを外枠として仮定し、その中に物質、星や地球を投げ込んで万有引力でいろいろ運動するのだという話になっているわけです。

ここで大事なことは、時間と空間というものが天下一りで、外から一応前提とされて話が始まるわけです。現代宇宙論との一番大きな違いは、中の物質世界と、外枠の空間と時間とのつながりがどうなるかという点で、ニュートン力学と随分違うものになっているわけです。ただし、そのような新しい発想の種は、実はニュートンの時代にもう既にまかされていたということ、思い起こしておく必要があると思います。

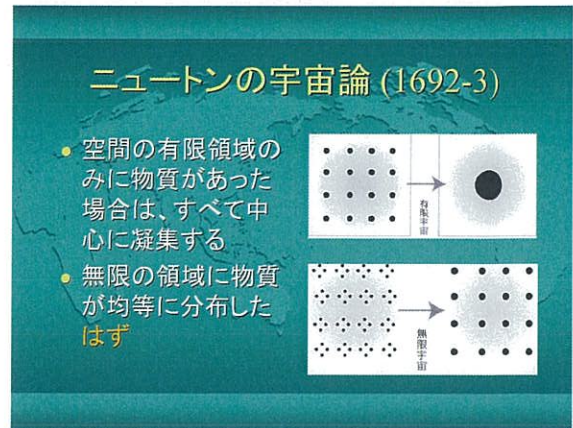


さて、ニュートンの重力理論ですけれども、万有引力の法則、すべてのものは距離の二乗に反比例する力で引き付けあっているということですが、万有引力ですから、宇宙の隅々まで同じ法則が満ちわたっている、貫通しているわけです。そういうところから万有引力の法則と宇宙の成り立ちを考えていくという、非常に強力なつながりが生まれてくるわけです。

ニュートン自身は「なぜ重力が生まれるかということについては私は分からない」と正直に言っていますが、この万有引力の法則があって初めて宇宙論に踏み入っていける手掛

かりができたと考えていただいて結構です。

話の種に、ニュートン自身がどういうふうに宇宙論を考えたかを紹介しましょう。これは実は手紙の中にきちんとしたものが残っているのです。きちんとしたものかどうかは現代の読者の評価によって分かれるのですが、1692～1693年にかけて、ベントリーという学術に通じた坊さんとの間での往復書簡がありまして、その中に一般には公表されていないニュートン自身の宇宙論が残っているわけです。



万有引力がなぜこれにかかわりがあるかといいますと、すべての物質は引き付けあうわけです。そうしますと、宇宙の最初の状態、つまり、神様がどのように物質を配置したか、その最初の配置の仕方によっては、われわれが生まれるような宇宙にはなりませんよということにベントリーが気付いて、それでニュートンに手紙で問い合わせをしました。それに触発されてニュートンが考え出したのが、彼の宇宙論であります。

上の図にありますように、もし、有限な宇宙の空間の中に物質が均等にばらまかれていたとしたら、遅かれ早かれお互いに引き付けあって最後に中心に大きなかたまりになってしまうのではないかと。そうしますと、どういうことになりますか。太陽はありません。全部つぶれてしまいます。アンドロメダ銀河もありません。全部宇宙の真ん中に固まりになってしまって、地球などはとても存在できるはずはないわけです。

ところが、実際の世界はそうになっていない。では、どうするのか。宇宙の最初の条件に、初期条件さかのぼる話をしなければいけないではないか。それで、ニュートンが苦肉の策として考え出したのが、物質が均等に散らばっているのだけれども、部分的に大きな星のかたまりを作り、それが一定の微妙なバランスを保って、真ん中に集まってしまわないで太陽系のようなものができ、アンドロメダができと、そういう宇宙ならば万有引力の法則に従って不可能ではないというわけです。ただし、そのためには入れ物としての空間が無限でなければならない。有限宇宙では上の図のようになってしまうから困ると、ニュートンはそういう宇宙論を展開したわけです。

この話がなぜわれわれの参考になるのかといいますと、宇宙論を考え、地球を可能にした条件をさかのぼっていかうとすると、早晚このような宇宙の初期条件という話につなが



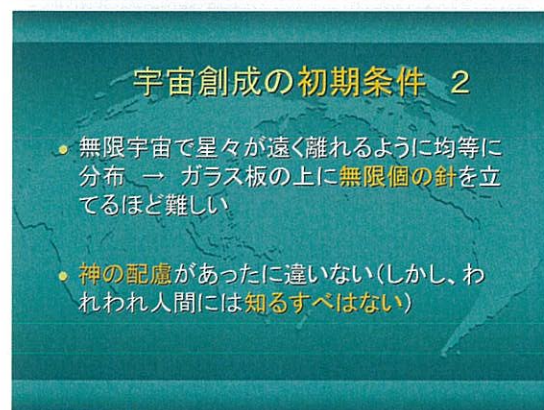
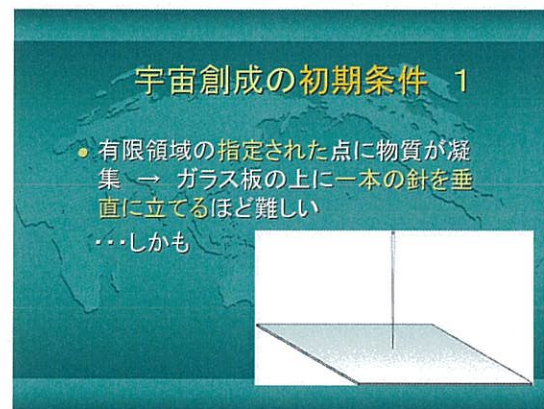
っていくわけです。つまり、宇宙の始まり、しかも、地球や太陽系を可能にしたような宇宙の始まりはどうあったのかという考察に科学的な法則、つまり万有引力の法則をテコにしてさかのぼっていきける。この先鞭を付けてくれたという意義が大きいのだと思うのです。

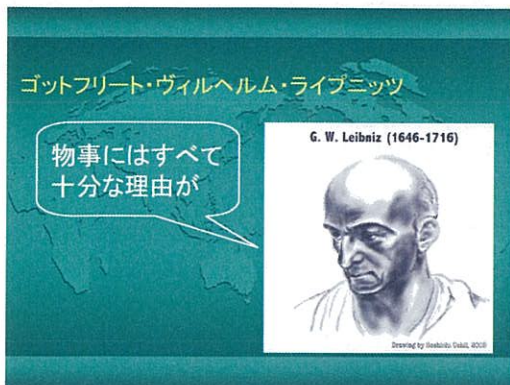
ところが、この初期条件、先ほどお見せしたような条件を満たすのは、実は非常に難しいのです。この図の下のところです。これはどのぐらい難しいかといいますと、ニュートン自身、それによく気が付いているのです。有限領域、この小さな粒々が集まって大きなお星さまになります。ただし、お隣の固まりとは引き付けあわない。バランスを保たなければならないわけです。そして、今ここの直接的な小さな粒々が大きな星になるという、そこだけ考えていただいて結構です。

そうしますと、これは実はどのぐらい難しいかといいますと、次の図でお見せするように、水平なきれいに磨かれたガラス板の上にピンピンにとがった針を針先を下にしてバランスを保って倒れないように立てる。これと同じぐらい難しいのだと、ニュートンは巧みな比喻で説明しています。

しかも、これら無限の宇宙空間に等しくバランスを保ってたくさんの星々が散らばるようにするのは、もっと難しいのです。無限の空間の中に無限のお星さまがそれぞれバランスを保てなければいけませんから、これはガラス板の上に1本ではなくて、無限個の針を倒れないように立てるほど難しい。こんなことは可能なのか。もちろん不可能ではない。それでニュートンの答えは、われわれに言えるのは、神様があんじょうしたに違いない、となる。これで話が一応完結するわけです。「なぜそのように神様が配慮したか。それは私は分からない」と、こうなるわけですね。

これは神話のような感じがするのですが、実はこれに対して猛然と反論を唱えた人がいます。ある意味で現代宇宙論への先鞭をつけ、そのインパクトを与えたような人が、ライ



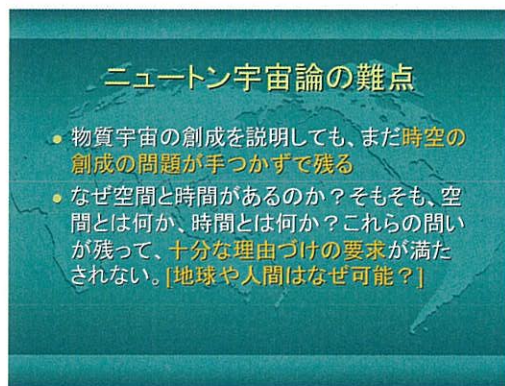


プニッツというドイツの哲学者です。この人はニュートンのライバルだったわけですが、このようなニュートン流の宇宙論に猛然と反対を唱えました。

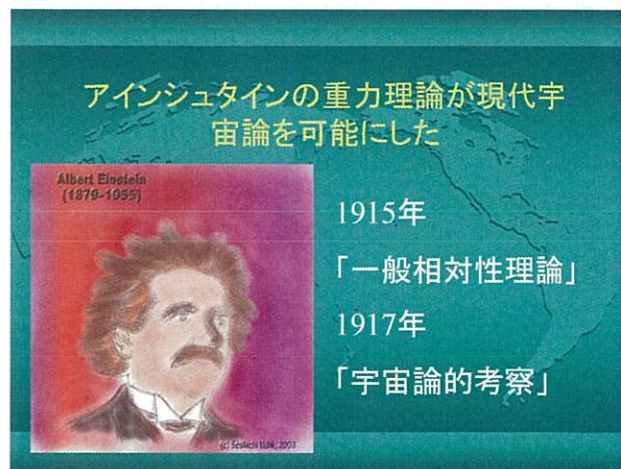
彼の得意なセリフは「物事には十分な理由がないといけない」というもので、従ってこの地球は可能だ、この太陽系は可能だという十分な理由が

ないといけない、という有名な原理を立てた。これが実は宇宙論の観点から言いますと、われわれの地球がなぜ存在するか、そこどころの理由にも立ち入らなくては、とても科学的な宇宙論とはいえないという、ニュートン流の宇宙論に対する強烈なアンチテーゼを提出したと考えていただいてもいいと思います。

この辺りは省いていただいて結構なのですが、先ほど言いました、空間と時間を前提にして始めたという、そこどころもライプニッツには気に入らないわけです。地球の起源を探るということは、実はもっと大きな問題、時間の起源、空間の起源、そして宇宙全体の起源、それにすぐつながる話になると。こういう点ではライプニッツ的な考えは現代宇宙論に生きていると思います。



そして、話を端折りますが、これからお話をさせていただくお二人の専門家、特に天文学、宇宙物理の先生方が土台としていらっしゃるの、アインシュタインの重力理論です。図では代表作だけを示していますが、1915年と17年に、現代宇宙論に直結する一般相対性理論とそれに基づいた最初の相対論的宇宙論を展開したのは、やはりアインシュタインだということになるわけです。





このように、もちろんニュートンが出発したような問題からアインシュタインも出発していますので、重力と宇宙論というのは非常につながりが深いわけです。アインシュタインの理論のどこがニュートンと違うかという、実は中の物質と入れ物としての空間と時間がお互いに密接につながりあっている、これが相対論の画期的なところですよ。

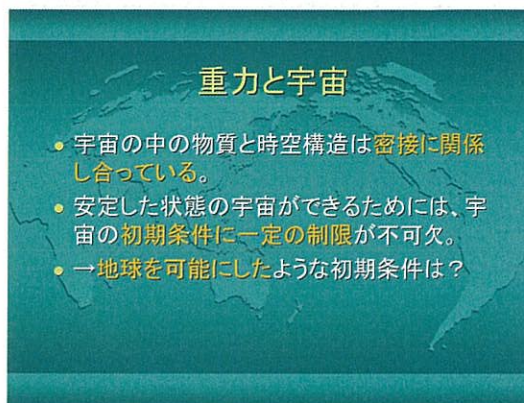
それから、アインシュタイン自身も、宇宙の初期条件、地球を可能にしたような条件にどうやってさかのぼるかという初期条件の問題で苦労します。これは、現代の宇宙論とはとても比べ物にならないような初歩的な段階だと思いますが、この問いを突き詰めていきますと、新しい相対論的な宇宙論も、地球を可能にしたような初期条件にどのようにしてさかのぼるかという話題をもつことになるわけです。

これは日本が誇る、ハワイのマウナケアという一番高い山の上にあるスバルという天文台です。ほかの国の天文台もありますが、海部先生のご専門領域です。科学者だけにはとどまりません。われわれ人間は、やはり自分から始まって地球がどのようにして可能になったか、それを含む太陽系がどのように可能になったか、そして、最終的には宇宙の起源にさかのぼりたいということで、そのファンタジーを膨らませますと竹宮先生のような漫画家のファンタジーにもつながりまして（笑）、これがまさにわれわれ人間、地球、宇宙をつなげる大きな原動力になっていると思います。これで終わらせていただきます。

（池内） どうもありがとうございました（拍手）。

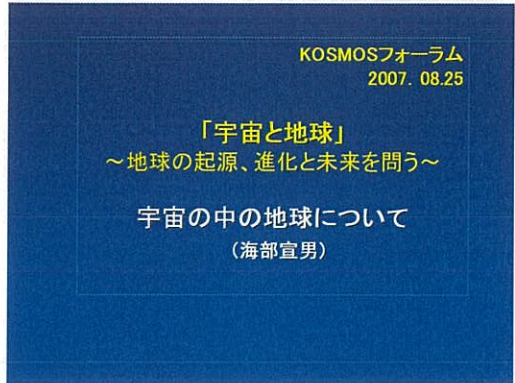
科学的な宇宙観がどのような基礎を持っているかという、まさに科学哲学の基礎論の内井先生らしいお話で、非常に私もためになりました。どうもありがとうございました。

続いて海部さんの方から銀河系における地球という存在、それが現在の科学においてどこまで分かっているのか、そして私たちはどう考えるかという、宇宙の中の地球ということについてお話をお願いしたいと思います。では海部さん、よろしくお願ひいたします。





(海部) 海部です。今お話のありました、非常に原理的な時間・空間というところから地球の存在を考えるということについては、私の後の佐藤先生から、その現代版をお話しただけだと思います。私は望遠鏡を作ったり、観測をずっとやってきましたので、このフォーラムのテーマ「宇宙と地球」について、宇宙の中の地球というものを、現在、天文学者がどう位置付けつつあるかということをお話しします。



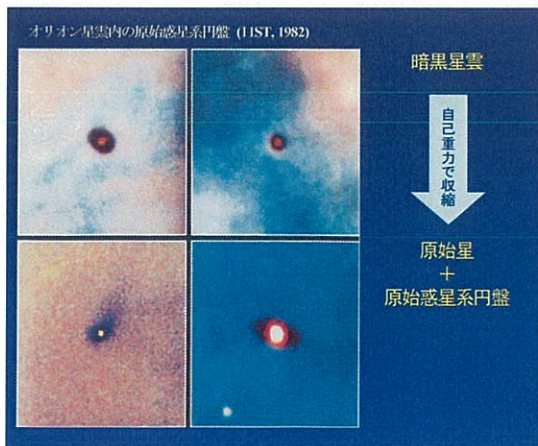
これは天の川です。天の川の中に黒いもやもやしたものがいっぱいあります。暗黒星雲というのですが、あれが実は星を生み出し、惑星を生み出す材料です。



天文学者には明かりは大敵なので、消してください(笑)。それから前のスクリーンを照らしているライトは、本当に要らないのですが。

この無数の星を隠しているのが暗黒星雲です。あれは星がないのではありません。今度、天の川を見るチャンスがあればよく見てください。天の川の中にずっと黒いもやもやした帯がのびている。星を隠している、冷たい雲です。宇宙の雲、暗黒星雲といいます。それが自分の重さで縮んで、星になるわけです。

暗黒星雲が縮むと、どうなるか。先ほど話のあった重力で自分たちが同じように引き合って、収縮して行って星になるわけです。生まれたばかりの星を原始星といいます。それを取り巻いてごく自然に原始惑星系円盤というものが生まれる。



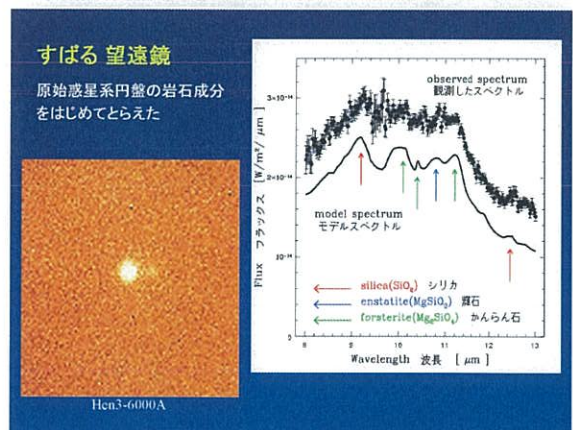
これは、オリオン星雲の中の原始惑星系円盤ですが、縮んできた暗黒星雲物質が生まれたての星を取り巻いてぐるぐる回って、円盤になります。自動的になる。これは力学の原理です。ニュートンさんの原理ですね。それを、内井先生が撮っていただいた



あのすばる望遠鏡で観測すると、こういうふう生まれかけの星の周りに円盤が取り巻いていることが分かります(右中)。この円盤がぐるぐるぐるぐる回りながら自然に中の物質がくっついて成長していった惑星になる。その材料は何かというと、もともとは暗黒星雲なのです。

それでは、暗黒星雲は何でできているか。つまり、われわれの惑星を作ったのは暗黒星雲ですが、その暗黒星雲は何でできているのかについて見てみます。

これも、すばるスバル望遠鏡で撮った星のデータです(右下)。星のスペクトルといいます、横軸に赤外線波長をとり、縦軸に強さをとります。上のぎざぎざしたものがデータです。それを実験室で撮ったスペクトルと比べてみますと、この星の周りを取り巻いて回っている円盤の中に何があるかが分かります。シリカ、水晶、輝石、かんらん石。これは地球の岩石を作っている造岩鉱物ですね。つまり、地球の岩石を作っている、われわれの地面の下にあるこの岩石と同じ物質が、既にいろいろな星の周りを回っている。それが集まって惑星になるわけですから、まず、地球のもとになる岩石、大地のもとは、宇宙にいくらかでもあるわけです。



次に水ですが、ほかにもいろいろデータはありますが、これが一番分かりやすいと思います。シュヴァスマン・ヴァハマン彗星といって、この前やってきて、もういなくなりましたが、写真(左)はその一部です。ほとんどが氷の塊で、宇宙には、実は氷はイヤというぐらいあるのです。



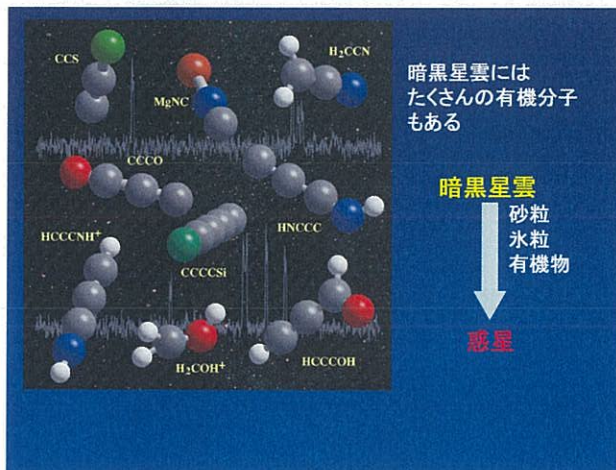
皆さんは「地球は奇跡の水の惑星だ」「どうして水がこんなにあるのか」と思われるかもしれませんが、それは違うのです。暗黒星雲の中には水は極めて豊富にあります。



地球はむしろ、水が少ない。その話も、これからいたします。宇宙には本当に水、ただしほとんど氷の形ですがいっぱいあるのです。

次に有機物です。これは私たちが野辺山の電波望遠鏡を使って観測してきてみつけた、暗黒星雲の中にある分子です。黒い玉はC（炭素）を表しますが、何と炭素を中心とする有機物が、またこれもイヤというぐらいある。

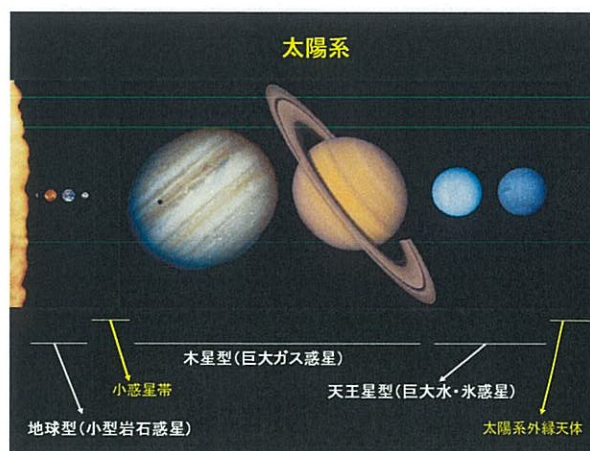
われわれの体は、有機物を基本にしています。炭素の化合物です。なぜ炭素化合物、有機物が生命の基本かといいますと、炭素は非常に反応性が豊富



で、長い鎖を作る。ご覧のように、炭素がたくさんつながっていますね。われわれの体を作っている遺伝子にせよ、これは長い炭素の鎖があって初めて成り立つものです。ですから、炭素は元素の中で生命にとって特に基本的なものです。生命という多様なもの、われわれの体のようなものを作るには炭素という原子の非常に多様な反応性がある、初めて可能なのです。これが有機物といわれる炭素の化合物が生命の基本である理由なのですが、それが実は暗黒星雲の中にはすでに、たくさんあるのです。ここに示していますように、暗黒星雲の中には砂粒がある、氷粒がある、簡単なものではあるが有機物がある。それが集まって、惑星になるわけです。

ですから、地球は珍しいものではありません。宇宙には地球の材料どころか、生命の材料も実はたくさんあるということです。

では、太陽系を見ましょう。ご覧になって分かるように、一番左にあるのが太陽の一部です。それで水・金・地・火・木・土・天・海で、冥はなくなったと(笑)。実は冥王星は、外にうじゃうじゃある新しい小さい天体の代表になりましたので、消えてなくなったわけではありません。むしろ偉くなったと思っていただいてもいい。ただし、八つの惑星とは違うものであるということが分かったのです。





ここ、すなわち火星と木星の間には小さい天体がいっぱいある。これを小惑星といいます。それから、海王星の外側、ここにも実は小さい天体がいっぱいあることがわかってきました。これを太陽系外縁天体といいます。冥王星はその一つであることがわかりました。

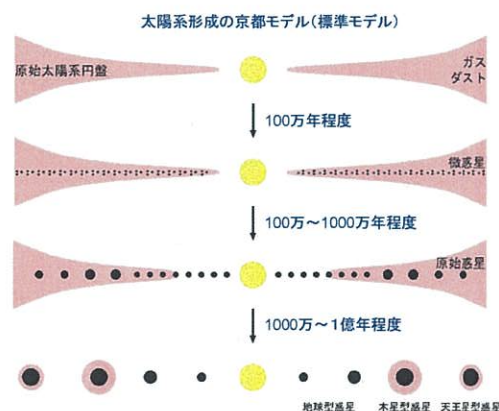
ここで注目してほしいのは、内側の水・金・地・火と、この木、土の巨大な惑星の違いです。内側の四つを岩石惑星または地球型惑星といいます。これがないと地面がない、海がない。だから生き物もなかなか・・・。

いっぽう木星、土星は大きすぎてガスをいっぱい集めてしまったから、地面などというのははるか、はるか奥にしかありません。ですから、地球とは全く違う世界になる。だから、もし生命をさがすなら、岩石惑星でなければいけない。このような巨大惑星は駄目でしょう。

なぜこんなに大きな差が生じたのかということは、実は太陽系の形成論と深くかかわりがあるわけです。その間の小惑星帯が、なぜここにあるか。これも実はちゃんと理由があります。大きな惑星と小さな岩石惑星との間に小惑星というたくさんの天体が群れているということと、それに一番外側の、惑星がもうなくなるところにたくさんの外縁天体が群れていることは、太陽系形成論でその理由が非常にはっきり分かってきています。今日はそこまでお話しする時間はないのですが、ここで大事なのは、なぜここに、太陽の近くだけに小さい岩石の地球のような惑星があるのかということです。

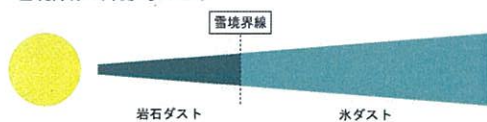
右図は、京都大学の林忠四郎先生たちのグループが長年かかって開発された太陽系形成の京都モデルの現代版ですが、生まれかけの原始の太陽の周りを円盤がまわり、その中で、暗黒星雲の物質が集まって、凝り固まって惑星に成長していったという太陽系形成論を示しています。

ただし、こういうことがあります。左の図は原



始の太陽、これは原始太陽系円盤の断面の模図です。この中で地球も生まれたのですが、この円盤の中で太陽に近いところは、宇宙にたくさんある氷が、太陽の熱で蒸発してしまうのです。ところが、円盤の外の方では、

- 太陽からの距離(温度)によって違う
  - 雪境界線の内側: 岩石のちり
  - 雪境界線の外側: 氷のちり



地球型の「岩石惑星」は……  
小さい  
内側で生まれた  
水を失った惑星である

氷のままです。そこでは、たくさん集まって、急激に大きな惑星になるのです。大きな惑星になると、ガスを集めてさらに巨大になります。

ところが、内側は少しだけしか氷がないものですから、岩石だけが集まって惑星になりましたので、小さい。そして、先ほど言ったように、当然水は少ない。地球型の岩石惑星は内側で生まれたもので、小さい。そして、水を失った惑星であるということですね。地球はちょうどいい加減に水を失ったおかげで、その表面に海があるけれども陸もあります。もし、もっと水があつてごらんない。地表は全部深い海です。反対に、もし水がうんとなくなれば海がない。生き物の進化が難しい世界になるわけです。そういう面ではちょうど良かった。

今は、太陽系だけ、観測からではありません。太陽系以外の星の周りを回っている惑星がどんどん見つかっています。その数は既に 250 個を超えました。200 個以上の星の周りに惑星が回っていることが分かっています。

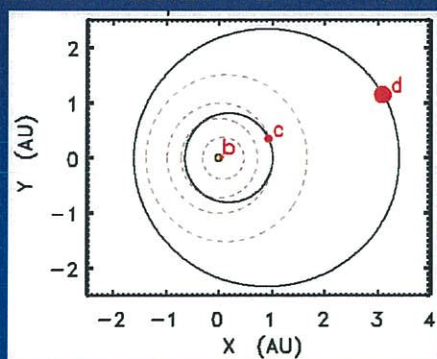
しかし、こうして見つかった太陽系外惑星系をわれわれの太陽系と比べると、非常に違うのです。巨大な惑星が太陽の近くをびゅんびゅん回っていたり、つぶれた楕円軌道をまわる惑星が多かったりというので、なぜこんなに違うのかということが、大きな問題になりました。

例えば、これはアンドロメダ座にあるウブシロン星で、4等級ですから空が暗

太陽系とこれまでに見つかった太陽系外惑星系との比較



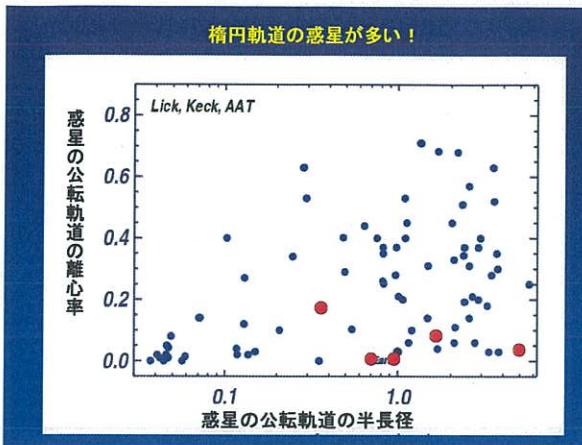
アンドロメダ座ウブシロン星 (4.1等級) をまわる3つの惑星(重さは木星の0.7倍、2.1倍、4.6倍)



ければ肉眼で見えます。この星の周りをB、C、Dの三つの惑星が回っていますが、破線は太陽系の水星から火星までの公転軌道です。ご覧になると分かるように、軌道は偏心しているのです。つまり、楕円軌道です。太陽系外惑星の一つの大きな特徴は、楕円軌道のものが多いということです。

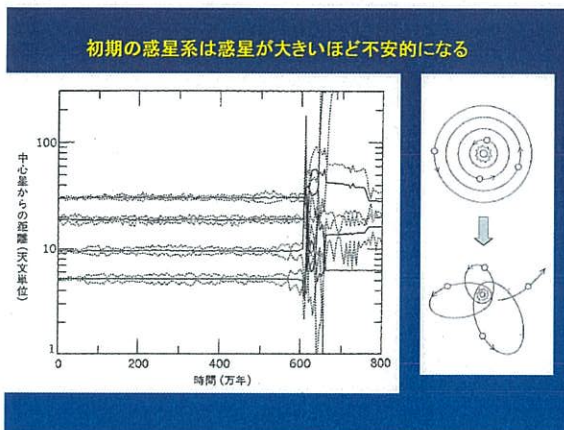


右下の図のたて軸は離心率といいます、惑星の公転軌道の楕円ぶりをあらわす数で、



これが1になりますと放物線になります。0が円です。赤丸が、水・金・地・火・木です。それに対して、見つかった太陽系以外の惑星は、非常に楕円軌道が多いですね。これにはわれわれは大変驚いたわけです。しかし、これは事実なのです。

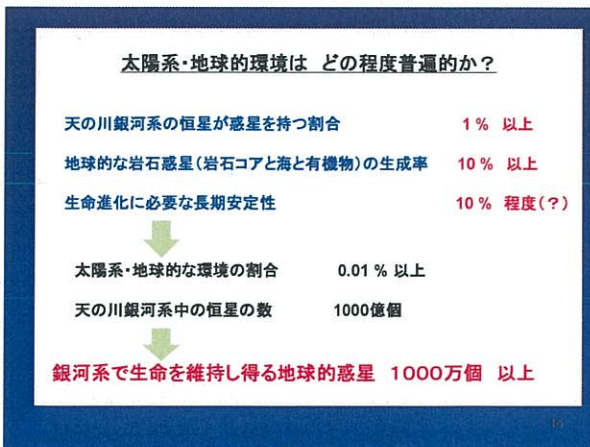
その理由を考えてゆくと、こういうことらしい。(下左の図)



惑星は、生まれたときにはほぼ円運動である。最初は円盤から生まれるので、惑星はみんなおとなしく円運動をするわけです。ところが、しばらくたつと、お互いの惑星の重力同士で引っ張り合っただけで公転しているうちに、急にばらっと崩れるのです。これが初期の不安定です。生まれる惑星が大き

く、たくさんあるほど不安定になりやすいのです。この図は、4つの大型惑星が生まれた場合を計算機で計算して追いかけています。600万年でぱっと不安定になり、1個どこかに飛んでいってしまうと、後は楕円軌道になるのです。

こういうものが結構多いということは何を意味しているかというと、惑星系は生まれた直後には不安定になりやすい。最初からわれわれの太陽系のようにずっと安定なものばかりではありませんよということを表しています。



ここまでの話しは、国立天文台の小久保英一郎、東京工業大学の中田茂両先生からお借りした図を使わせていただいています。あと3枚だけです。そういうことを全部合わせて、私たちが住んでいる地球はどれぐらい普遍的かということが、ある程度推定できるようになってきています。

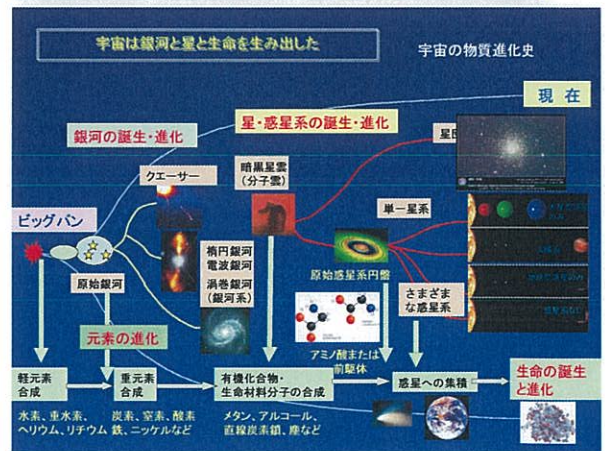
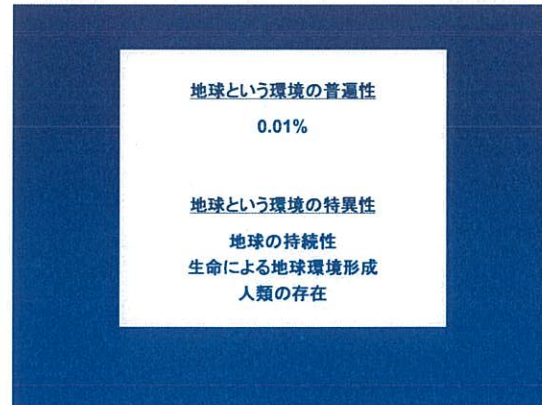
まず、天の川銀河系の中の恒星で惑星を持つ割合は1%以上、これはもうまず間違いありません。もう随分観測が進みました。地球のような岩石惑星の生成率、これはかなり高いはずで。というのは、今のところまだ地球ぐらいのものは見つかっていないのだけれども、小さい惑星ほどたくさんあることは観測からもう分かっているのです。これは早晚見つかります、5年、10年のうちにどんどん見つかるようになっていきたいと思います。

生物が存在できる惑星ということになると、生命進化に必要な長期安定性、これが実は大事です。先ほど言いましたように、壊れてしまう惑星ではいけない。なるべく小さい惑星が多くて、太陽系のようにおとなしくないとはいけません。太陽系はまだしばらく、100億年ぐらいは安定しているという計算ができています。10%ぐらいはそうだとすると、結局、太陽系、地球的な環境を持つ割合は、約0.01%ということになります。そりゃ、少ないではないかと思いませんか？ところが、銀河系の中に星が幾つあるかということ、1000億ある。すぐ出るように、われわれの天の川銀河系の中には地球のような環境を持ち、生命を維持できる惑星の数が、ざっと1000万個は下らないという結果になります。この数字をどう考えられるかは、人によるでしょう。

0.01%というのは、小さいようですが、今申し上げましたように銀河系には非常にたくさん星がある。それどころか銀河系は、膨張宇宙の何百億という銀河の一つにすぎないのです。ですから、この宇宙には、生命を生み出す地球的な環境は、かなり普遍的にあるのだと思ってよろしいということになります。

ただ、その中で地球という環境がどう特異なのかということ、私たちがよく考えなければいけない問題です。

先ほど言いました地球環境の持続性ということ、重要な問題です。とりわけ、左上の図の下から、2番目にある生命による地球環境形成ということは、われわれにとって非常に重要なことです。後で池内さんがお話しになるかなと思っていますが、地球の環境というものは、生物が生まれて約40億年の間に非常に大きく変わ





ってきたわけですから。それを変えた大きな要因が、実は生物自体にある。たとえば、空気中に酸素を送り込んだのは生き物である。われわれはその酸素を吸っていますが、それを作ったのは生物、バクテリアです。それから、地上にはびこっているいろいろな景観を作り出したり、侵食の様子を変えたり、それから炭酸ガスを同定して、固定してしまっただけで地球の温度を下げたりしたのは、植物なのです。われわれは地球環境と簡単に言いますが、それは実は何十億年かかって作られた、生物環境でもあるのです。そこが人間がしっかり認識しなければならぬ重要なところなんです。

それに加えて、こうした長い時間にわたる生物の活動と進化を可能にするだけ、地球という存在が継続的なもの、あるいはある種安定的なものであったか、ということがあります。地球の長い歴史をひもとくと、結構不安定を経験しています。昔は全部凍ってしまったり、ものすごく温度が高くなったり、いろいろしていますが、しかし結局は生物を絶滅させるほどの激変ではなかった。地球生物はなかなかしぶとかった、ということでもあるでしょう。そういう持続性というものがあって、それが約40億年続いた結果、われわれ人類が存在している。つまり、この長い歴史が、非常に本質的なところであろう。それが宇宙の中でどれくらい特異なのか、普遍的なのか、われわれはまだ知りませんが、今のところ、私はこの地球の歴史を非常に大事なものであろうと思います。

ただ、後で竹宮さんのお話にもあるかもしれませんが、人類の存在自体が地球環境の持続に対してかなりネガティブな要素をもたらす可能性がある。特に注意したいのですが、「地球に」ではありません。地球は人間がいなくなっても平気です。そうではなく、生命系に対して非常に危機をもたらす可能性がある。ここが恐らく大きなポイントになるということでもあります。私の話は以上です。どうもありがとうございました（拍手）。

（池内） どうもありがとうございました。

銀河における地球の位置付け、および、太陽系あるいは惑星系における地球の位置付け。その中で生命が環境を変えていく。今のようなテーマは、後のパネルディスカッションでも繰り返されると思います。

続きまして、佐藤さんをお願いしたいと思います。彼はご存じのように、宇宙論の大家でありまして、今回は宇宙全体を見ながら地球までちゃんと俯瞰するというお話のようです。どうぞよろしくをお願いします。

(佐藤) 皆さん、こんにちは。私の話は、内井先生の話と海部先生の話をつなぐような話になるかと思います。

今、私たちは、現代の物理学に基づいて、宇宙の誕生から現在に至る科学的な進化像を持っているわけです。皆さんもお聞きになったように、われわれ宇宙物理学者は、今、このように考えています。「宇宙は『無』から生まれた」と。物質も時間も空間もなかった「無」の状態から生まれてきたのだと。その「無」というのは何か、これに量子力学というものを適用して考えるならば、自由度のあるところには必ず揺らぎというものがある。その「無」からの揺らぎの中からこの宇宙は生まれてきたのだというシナリオになっているわけです。

最初に生まれた宇宙というのは、量子時空という極めて極めて小さな宇宙であるわけですが、それがその中に含まれている真空のエネルギーという奇妙な概念ですが、それに基づいて急膨張する。そして、この急膨張が終わった時期に、宇宙はその真空のエネルギーを熱エネルギーとして解放し、この宇宙を火の玉の宇宙に変えた。

それ以後の宇宙の進化ですが、火の玉宇宙になった宇宙は、冷えていくわけです。その中でインフレーションの時代に仕込まれた量子揺らぎという凸凹、それが次第に成長して行って、宇宙の構造、すなわち銀河や銀河団というような天体が生まれてくる。われわれの地球も、その揺らぎの中から生まれてきたものの一つであるわけです。そして、現在の多様で美しい宇宙が出現した。これが現在われわれが描き出しているシナリオであるわけです。もちろん、細かな話になると、ただ今海部先生が話されたように、具体的に地球はどう生まれてくるか。それは天文学で今本当に見事に描き出されつつあるのではないかと思います。

そういう意味で、現在、私たちの宇宙は137億年前にこのようなことで生まれ、今日まで至ってきている。こういう大きなシナリオ、グランドシナリオ、パラダイムとでもいいましょうか、そういうものの中での地球が存在していることになっているわけです。

もちろん、今申し上げたような話は、ほとんど最初は理論として考えられたわけです。理論というのは必ず観測や実験で実証されなければ科学に

## 「宇宙と地球」 ～地球の起源、進化と未来を問う～ コメント

佐藤勝彦  
東京大学理学系研究科物理学専攻

物理学の描き出した誕生から現在に至る進化像





はなりません。アインシュタインの相対論や量子力学の原理などは、物理学の世界では極めて正確できれいな理論ですけれども、いかに、正しそうであっても、必ず観測や実験で確かめなければなりません。

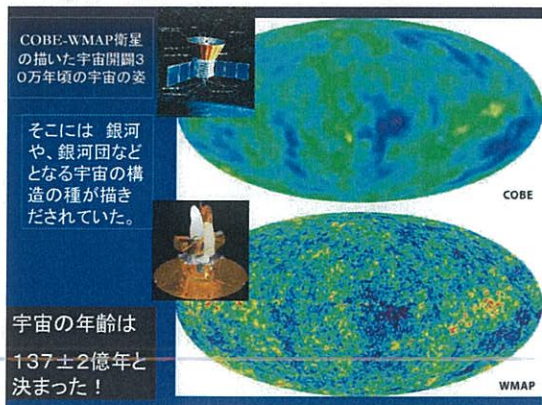
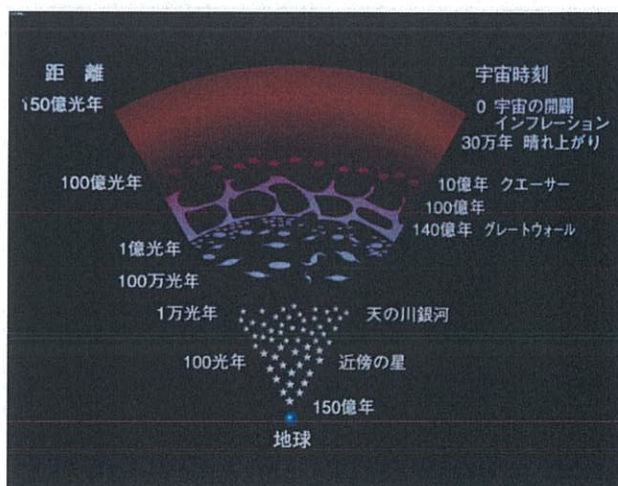
しかし、この137億年前の姿が、実験や観測で分かるはずがなかろうと。これは普通、一般的に思われることであります。けれど、本当に幸いなことなのですけれども、宇宙の中では、実は遠くを見れば過去が見えてくるという大変うれしい状況にあるわけです。

今、皆さんがご覧になっている、この扇の要に地球があります。そして、この方向に距離を書いています。つまり、遠くを見れば過去が見えてくるわけです。

例えば、アンドロメダ銀河を今晚ご覧になったとすると、アンドロメダ銀河というのは230万光年のかなたにあります。もし、ご覧になれば、230万年前のアンドロメダであります。このように考えると、どんどん昔にさかのぼる状況が見えてくるわけでありす。

宇宙は、インフレーションの後、火の玉宇宙になったわけですが、実は、宇宙が始まって30万年ごろに、宇宙は透明になります。火の玉の中は不透明で、何も見えません。ですから、30万年頃にわれわれは飛行機が雲の中から出てきたように、始まりから30万年以降見えるようになってきます。これが観測的に見える、地球から見える一番遠いところ、果てであります。こういうところを見ることによって、宇宙の創生などのシナリオが、観測的に裏付けられるようになってきたわけです。

皆さんも新聞やいろいろなところでお聞きになったり、ご覧になったように、実はこの二つの人工衛星、COBE衛星というのとWMAP衛星。WMAP衛星はこれの後継ですが、これによって宇宙全体からやってきているマイクロ波の電波の空間的な強弱が見えました。



これが何と、今申し上げました宇宙で一番遠方の宇宙全体の様子です。これは全天を見た観測の結果です。それを、天球ではありますけれども、丸い球は絵に描けませんので、地球儀をこのように描くのと同じように、天

球を全体に描いたものです。

そこで分かったことは、本当に驚くべきことでありますが、実は、その電波はわずか10万分の1程度でありますけれども、凸凹があったということが見えてきたわけです。これは後で銀河や銀河団やそれらの宇宙の構造になる揺らぎであります。

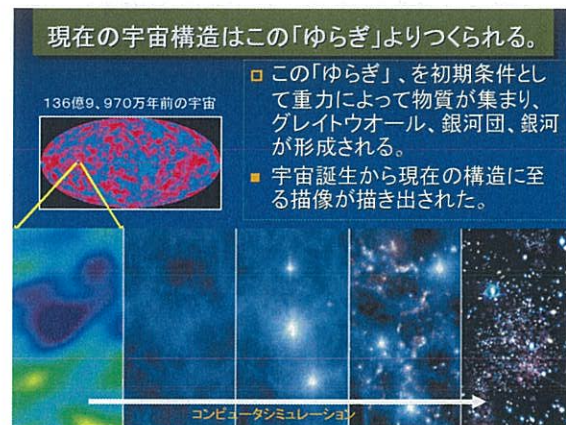
また、理論の立場から言いますと、この揺らぎというのは、先ほど申しましたインフレーションの時代に仕込まれた量子揺らぎそのものが見えてきたということになるわけです。この凸凹の度合い、山の高さや低さ、その統計的な分布を相対性理論（ビッグバンの理論）を使って厳密にいろいろ解析することによって、何と宇宙の年齢が137億年だということまで決まるわけです。わずか二つか三つのパラメーターを調節することで、このきれいなデータを、本当に見事に説明することができます。

私は物理をやっている人間ですが、これだけきれいに物理学の法則が宇宙の始まりから現在に至るまで厳密に成り立っているのだ、宇宙の果てからすべて宇宙の歴史の中で、地上の実験や観測で示された物理学法則が一貫して成り立っているのだと、たいへんに感激したわけです。

さて、この揺らぎが以後の宇宙の構造の種ですから、こういうものを例えばコンピュータシミュレーションで、これがいかに成長するかを計算することができます。いろいろな方がコンピュータシミュレーションでやっておられます。何と見事に現在観測されている宇宙のいろいろな構造、大きな銀河や銀河団の群れというものをきれいに再現することができます。

宇宙の構造は、蜂の巣のように銀河は分布していますが、これも見事に説明することができます。

そういう意味で言いますと、私たちは現代物理学の成り立ち、相対論、量子論というのが成立してから100年足らずで、本当に宇宙の誕生から現在に至るまでの宇宙の大きなグランドシナリオを、見事に描き出したといえるのではないかと思います。若干、これは物理学者のおごりでもありますけれども、これは本当に見事な100年間であったと思っているわけです。





また同時に、構造ではありません。その中の材料につきましても、本当に素晴らしいことですが、ビッグバン以後、いろいろな元素が作られてきたこともわかっています。

例えば、海部先生からありましたように、暗黒星雲から星が生まれてくる。その星の中の核融合反応で、炭素や酸素や窒素、鉄というものが作られてきます。それらは超新星の爆発によって宇宙空間に飛び散っていきます。そして、この飛び散るガスによって、新たな星が生まれてきます。その中で星がまた爆発する、こういうシナリオの中



で、私たちの地球を作るような炭素や酸素、窒素という材料が作られていったわけです。海部先生からありましたように、まさにわれわれ自身は、星のかけらという存在であることが見事に描き出されてきたわけで、それゆえに、このわれわれの地球が生命の星となったということでもあります。

今回は地球という話がありますので、いくらか私の偏見に満ちた立場から、地球のことを申し上げたいと思います。

そのように見事に宇宙の進化像を描き出してきたわけですが、もちろん、この宇宙論だけではすべてが分かるわけではありません。地球物理学や生物学、人類学、そういうものと今の話とを合わせることによって、この人間という存在は物質世界の中、つまり、宇宙の歴史、宇宙史の中でいかなる存在かということを知ったわけです。

私自身はそういう宇宙の現象の中で起こっている一つの自然現象である人間の存在、ある意味でははかないということもいえるわけですが、そういう存在ではあるけれど

も、物質世界の中、宇宙の中での自分がどんな存在かを知ること自身は、大変素晴らしいことであると思っています。

そういう意味で人間というのは、一見はかない存在ともいえますが、極めてそういう意味では素晴らしい存在ではないかと思っています。

現代物理学の誕生から100年足らずで、宇宙の誕生から多様で豊かな構造を持つ現在まで、およそその宇宙の進化像を描き出した。

地球科学、生物学、人類学など諸科学の成果とあわせ、人間は物質世界の進化、「宇宙誌」の中で自らの位置を知った。

宇宙の中で人間ははかない存在ではあるけれど、自らが何者であるかということを知っている存在として、すばらしい存在である。

有名なノーベル賞物理学者のワインバーグという先生なども宇宙のことを知れば知るほど自分自身がむなしい存在だということができると語っています。私はそれに全く賛成ではありませんが、キリスト教の神の子と思っていた人から見れば、そういうふうに見えるのかもしれない。

地球も同じようにはかない存在と言えそうですね。海部先生のお話によれば、この銀河系宇宙だけで1000万ぐらいあると。現在宇宙の中には銀河というものが少なくとも観測している範囲の中で1000億個あります。ですから、地球もそういう意味ではありふれた一つの小さな天体であるわけです。

しかし、大変うれしいことに、この地球では豊かな生命、そして知的生命体である人間が生まれるようなことであつたわけで、かけがえのない存在だと思います。

今回のテーマであります、いろいろな未来に対する不安はあります。環境問題の話、それから、私が今本当にいろいろなことで思うことは、単なる環境問題というのではなく、人間社会の不安定性の増大ということが非常に気になるところであるわけです。

ご存じのとおり、過剰なグローバリゼーションによる社会の不安定化というのが、私は非常に深刻な問題だと思っております。ある意味でシステムの不安定性が大きくなっているのではないかと思います。貧富の拡大や国際金融の不安定問題など、明らかに強いものの一人勝ちのような形で、社会が不安定さを増しているのではないかと思います。

また、同じように、これはまさに豊かさの裏返しでありますけれども、科学技術の進歩で、いろいろな意味での、個人レベルでも破壊力というものが増してきているわけです。私たちの同業者でありますマーティン・リースという、代表的なイギリスの天文学者が最

地球は宇宙の中では小さな天体にしかすぎない。

しかし、豊かな生命と、知的生命体、人間をはぐむ星として、かけがいのない存在。



## 地球の未来に対する不安

- **環境問題** 温暖化、大気海洋土壌汚染、生態系破壊、多様な生物種の絶滅、...
- **人間社会の不安定増大**  
グローバリゼーションと過剰流動性による社会の不安定化。強者の一人勝ち、システム不安性拡大(金融、人口爆発、貧富の拡大、...)
- **科学・技術の進歩による破壊力の急速な増大。**  
国家レベルのみならず個人、小集団テロの危機  
「個人が人類を滅ぼす時代がやってくる。」

M.Rees:「今世紀で人類は終わる」 草思社、2007



近本を出しておりました、『今世紀で人類は終わる』という本を書いております。その中で、個人が人類を滅ぼす時代がやってくるというようなことを警告しているわけでありまして。そういう意味で、本当に人間は自滅するのかと、そういう話がいろいろ心配になってくるわけでありまして。

先ほど申し上げたいろいろなこと、皆さんも同じようなことを思っておられると思うのですが、私たちの心の進化、今は進化心理学という分野が大きく進歩しておりますけれども、やはり、われわれの進歩の鍵であった家族愛や隣人愛と裏腹に、他の集団の虐殺などというものがあるわけです。その心は、アフリカを出て、原人ならば500万年、われわれホモ・サピエンスは20万年、たっていますが、まったく進化していないのではないだろうかと思います。

不安定性もいろいろ心配になるわけでありまして、ダイソンという偉い

物理学者は楽観的なこういう話をしています。「人類は1000年ぐらいで太陽系に広がっていく。10万年のオーダーで銀河系宇宙へ。1000万光年で銀河の宇宙へ」というような大変大きな夢を描いているわけでありまして。しかし、これが本当に実現するのか、もしくは自滅するのか、これが21世紀の分岐点ではないかと思っております。

「宇宙に生命が普遍的ならばかならず私たちは宇宙人によって訪問されはずだ。しかしそのような事実はない。なぜ私たちは訪れないのだろうか？」これはフェルミのパラドックスと呼ばれている疑問です。いろいろな説明がありますが、私にもっともらしく思えるのは、「知的生命体の社会は不安定になり自滅する。」です。海部先生のお話では、われわれの銀河宇宙には1000万個の地球があるのだと。そうすれば、われわれのところに訪れていいとは思いますが、でも、例えば1000年で電波を出すような能力を持った知的生命体が滅ぶとするならば、宇宙の年齢は約100億年ですから、100億分の1000の1000万分の1ですね。それを掛けてやりますと、1000万×1000万分の1ということになりますから、銀河系宇宙では地球だけしかないという算数になるわけです。そういうことがないようなことに、われわれは宇宙の中でははかない一つの天体、「地球」に住む地球人であることを自覚し家族愛、隣人愛を人類愛に進化させていかなければならないと思っております。

## 人間は自滅するのか？

- 人間の心は出アフリカのころから進化していない。家族愛、隣人愛と裏腹の他集団に対する虐殺。  
国際政治：貧富の拡大、経済成長と環境破壊の矛盾、..
- 人類は宇宙生命体として飛躍できるのか？  
F.ダイソン：1,000年で太陽系へ、10万年で銀河系へ、1,000万年で銀河宇宙へ。..
- 21世紀は自滅の道を歩むか、宇宙生命体として飛躍するかの分岐点かも知れない。  
Fermiのパラドックス？

長くなりましたが終わります（拍手）。

（池内） どうもありがとうございました。

宇宙全体で137億年の歴史から、現在、あるいは私たちが当面している問題（環境問題）に至るまで、実に幅広いお話をありがとうございました。

では、パネリストの最後として、竹宮さんにお話をお願いします。竹宮さんは、ご存じのようにコミック『地球（テラ）へ…』というので非常に有名です。あの本は、お聞きしますと、今や親子で楽しむようになっているそうです。まさに、時間・空間を超えた宇宙観、人間観が生きているのではないかと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

（竹宮） 竹宮恵子です。よろしくお願いいたします。宇宙観についてのフォーラムということでお呼びいただいたわけですが、確かに、私には今テレビアニメでもやっております『地球（テラ）へ…』という作品があります。「地球へ」と書いて「テラへ」と読むのですが、テラというのが地球のことであるというのは、ラテン語で「大地」という意味があるということで、それが転じてテラを地球のことを言うということを知って、『地球（ちきゅう）へ』という言い方ではあまりに文章的すぎるということで、もう少し漫画らしい名前を付けたくて『地球（テラ）へ』というタイトルにしました。

それが、実はもう30年前に発表した作品です。27年前に、やはり同じようにアニメ映画として劇場公開されたのですが、それが何と発表から30年後にまたテレビアニメ化されたということで、例えば、親子の間で娘さんが全く知らずに私の作品を読んでいた。母親はもう昔漫画で読んだということのを忘れて家事にいそしんでいるという状態で、その二人、親子がテレビアニメになるということで、突然、「あっ、その作品知ってる」という話にお互いになりまして、そこで『地球（テラ）へ…』について語り合うというような状況が生まれています。

実際、私がサイン会をしたら、小さなお子さんと一緒にお母さんがやってきて、「土曜日の6時にはテレビの前に座って一緒に見えています」と。主人公たちの行動についていろいろと話をしている、どう生きるのが正しいのかということを一生涯懸命語り合ってくれているということで、こんなことになるとは思わなかったというぐらい、作者の自分もびっくりするような展開になっています。

アニメの監督さんが、今だからこそ、この作品を世に問いたいというふうに思って作っ



てくださったからなのですが、その「今」というのはどんな時期かという、大変地球の行方が危ういということ、環境の問題、政治の問題が非常にややこしい状態にあるのではないか。振れる方向を、どちらに行くのか定めなければいけない時期に来ているのではないか。そういう時期だからこの話をもう一度問うてみたいと。

また、別の方が言ってくれた言葉が一つあるのですが、この私の作品を読むと、地球というものが非常にいとしくなってくるのだと。なぜか読み終わるとずっと地球のことを考えている。そういうふうになる漫画であると言ってくくださったわけです。そうだとすれば、今、この作品が世の中に出ていくことは、もしかすると役に立つことなのではないかと思っただけで、大変うれしく思っています。

今日、宇宙観のお話ということなのですが、私は30年前にこの作品を描くために、一生懸命科学雑誌を読みまして、宇宙というものがどういうもので、どのような理論が今一番新しいのかということをお勉強したわけです。私は、漫画家という職業というのは、想像というものを通して人間の根源に響く何かアプローチするというのがその中身だと思っただけです。それぞれの知識については疎いところもあったり、説明がうまくできていなかったりということもあるのですが、あの当時、30年前というのは、ビッグバン理論というのがまだ仮説だったのかもしれない。そういう時期に、宇宙とはこういうもので、膨張し続けている。いつかどこかで終息していくのかもしれないというようなことがいろいろいわれていまして、そういうことを、大変生き物的だなと感じました。

私たちは宇宙から見ると大変小さな存在で、むなしくなるというお言葉を先ほどお聞きしましたが、本当にむなしいぐらいに小さいですね。46億年という話が出ましたけれども、それを人間の年齢に置き換えると、人が生きる100年の中にそれを詰めてしまうと、何かの政治的な展開や環境の状況、氷河時代から今までの人の歴史というものが、本当に一瞬なのだなとすごく感じます。

そういう中から、想像力というものを駆使して、宇宙が人間に近くなるように考えてきたつもりなのですが、私の物語というのは、地球というものから離れる話であり、戻っていく話でもあります。地球というものが使えなくなりました。使えないという言い方は人間にとっての言い方です。人間にとって住める場所ではなくなってきてしまった。そういうふうにならぬと今皆さんが聞かれますと、「今、本当にそうだな」とお感じになるかと思っただけです。そういうふうな状況になってしまっただけで、地球から人間が全部離れてしまうと、地球はもしかすると再生するであろうという理論の下に、地球から全員離れてしまっただけです。

う設定を考えたわけです。そして、地球というものが、人々にとっての気持ちの上での心のよりどころというか、求めるべき何かとなる形に設定したわけです。

そういうことで物語を展開していますが、その中で専門知識はなくとも、宇宙というものがどういうものなのかを常に考えながら描いていました。人間というのがある程度のところまでは宇宙で生活するということが、今実際にできています。ステーションを作ってそれが居住空間になる。そして、大きな遠心力で重力を作り出して、そこに住むことができるようになるというところまでは作られています。そういう形で宇宙が決して人間にとって遠くない存在になっているのです。

でも、それが果たしてどこまで可能かという話や、人間にとっての宇宙の問題、それが正義に近いものなのかということも含め、いろいろ皆さんと今日はお話しできたらいいのではないかと考えております。よろしくお願ひいたします（拍手）。

（池内） どうもありがとうございました。では、時間がかかなり超過しまして、45分ぐらいしか残り時間がありませんが、せっかく集まっていただきましたので、ここで忌憚のない意見交換ができればと思っております。

今、いろいろな話題が飛び交いました。むしろ、海部さんとか佐藤さんという宇宙物理をやっている人間の方が、より環境問題や未来に対して、特に人類の未来に対する問題を指摘されました。これはひょっとしたら、宇宙を研究している、確固とした宇宙の中での人間というのを見ると、人間なり人間のやっていることのある種のもろさ、人類の普遍性ともろさというのが、今、せめぎ合いの時期にあるというとらえ方をされているのかもしれない。

海部さんが私が後ほど言うだろうと言われましたとおり、後で言おうと思っていたのですが、私は「40分の1の法則」というのを今盛んに言っているのです。「40分の1の法則」というのは、要するに人類、原人（ジャワ原人や北京原人）が40万年前に火（エネルギー）を発見したのです。その40分の1の1万年前に何が起こったかという、農業革命ですね。それによって文明が作られました。その1万年前の40分の1は何か。250年。産業革命です。これによって機械制工業が生まれ、まさに現代の科学技術文明の出発点となったのです。それから、3回行ったからもういいかなとも思うのですが、もう一つ、250年の40分の1は6年です。情報革命があったという、これはちょっと強引かもしれませんが、情報革命はまだ進展中ですから、現在も続いているものです。



いずれにしても、まさに技術を革命することによって、人間はステップを踏むように進歩してきたわけです。進んできたわけです。それと同時に、当然ながら環境への効果もどんどん大きくなってきたわけです。果たして人類は将来どうなるかということのをこれから考え、またこのフォーラムの3回の中でも考えていきたいと思っています。

それで、皆さんに一つ一つ質問をしようと思います。時間がないのでそのまま途中で終わるかもしれませんが、まず、内井先生に。ほかの方ももちろん意見を出していただいて結構です。内井先生は、主にニュートン、ライプニッツという科学としての宇宙観の出発点のお話をされました。先ほどから出ているように、まさに今度は哲学者として、例えば宇宙史における地球の位置付けとか、私も言いましたように、地球史における人間、そして今環境問題等を議論している私たち人間の位置付けというようなところのお話を、少しお願いできないでしょうか。

(内井) 哲学者と言われましたが、私は哲学よりもお笑いの方が好きなので(笑)、あまりまともなお話ができるかどうか分からないのですが、先ほど池内先生は、最後の革命が情報革命とおっしゃいました。これが実は古きを温ねるとどこに潜んでいるか分からない問題で、先ほど私が途中までお話ししたライプニッツという哲学者には、既にそのことが念頭にあったのではないかという気がしてくるのです。

今日はそういうお話ではなく、もっと人間くさいお話を求められていますから、まず地球ということについて、私は科学哲学をやっていますし、その前は倫理学などというとても柄に合わないような教師もさせられたので、少しだけお話しいたします。それは、やはり人類の歴史を考える場合に、私もだてに科学哲学をやっているわけではありませんで、進化論は抜きにできないと思うのです。先ほどの佐藤勝彦先生のお話でも最後の方で少し出てきましたが、われわれ人間が持っている道德感覚、環境問題を考えて地球規模で取り組みをしなければならないというふうな心にある程度なるというのは、われわれが道德という心性(心の特質)を持っているからです。それがうまくいくかどうかは別の話ですが、そういうことを考えますと、どうしても進化論は抜かせないという考えを持っております。

従って、私がこう申しては多くの日本の哲学者に対して失礼なのですが、過去の文献、例えばアリストテレスからカント、ヘーゲルのような文献を基にしてやる倫理学ではなくて、地球規模の進化の歴史を踏まえた上で道德の問題を考えていくというふうに、少しスケールを大きくする必要があると思います。その進化を考えるためには、もちろん宇宙の

歴史にさかのぼって、どうしても大風呂敷になってしまうのですけれども、いずれにしても、進化論は抜かすことのできない重要なファクターだと思っています。

今日のところはそういう大雑把なお話しかできないのですが、何せ宇宙の始まりから地球の起源を問い、もっと話を広げると、時間と空間の起源も問いたいというのが、哲学をやっている者の一つの大きな動機付けになっていますので、どうしても広がる方向、それから、その広がる問いを問いたくなくなる人間の心性、この二つを合わせて考えていくのが哲学の使命だと私自身は思っています。

従って、環境問題は難しいので、私は何も建設的なことを申し上げることはできないのですけれども、ただ、一つの救いといいますか、一つの方策は、今、自民党が揺れに揺れています、挙党一致体制を作るのも難しいのです。全国の国立大学も法人化になりまして、全学一致団結して美辞麗句を並べていますが、なかなか大変なわけ。ただ、それを何とか奮い立たせてくれるのは、非常に無責任な話のようではございますけれども、先ほど竹宮先生がおっしゃったように、30年前の同じ作品を母親と娘、父親と息子が共に語り合えるというエネルギーなわけで、そういうエネルギーはどこから来るのでしょうか。

私は、これは理屈ではなく、イマジネーションに駆られて心が動かされるという側面が非常に大きいと思うのです。それはもちろん進化の産物だと思います。ですが、それを奮い立たせてくださる漫画作家、作家、芸術家、そういう人たちのインパクトにも非常に大きなものがありまして、理屈と心性の両方から、何とかこの危機を乗り越えたいとは思っています。

ただ、一方で、私自身、哲学者として高みから見物するという観点も持っていますので、ちょっと難しいのではないかとこの危惧も非常に大きいわけです。

先ほどのライブニッツをだしに使いますが、彼はこの地球を含めて全世界がありとあらゆる可能な宇宙の中の「最善」の世界だという、非常に強固な信念の持ち主だったわけです。しかし、その「最善」というのは誰にとって「最善」かということ、人間にとっての「最善」とは限らないのです。彼の場合は神様が造物主であり、その神様の観点からの「最善」ですから、その神様の観点からの「最善」、あるいは宇宙規模での「最善」が、人間の「最善」と一致するかどうか、そんなものは保証の限りではないわけです。そういうふうな冷めた見方も一方では持っています。ちょっと無責任な話で恐縮ですが。

(池内) ありがとうございます。



今のお話で二つ、とっかかりとなるところを申し上げますと、一つは宇宙の始まりですね。特に時間、空間、物質が創世されたと。その創世の、多分これは佐藤さんにですが、まさに法則性の美しさの中で追求する課題であるわけですね。

そうすると、現状は例えば単純にこういうところだということを知っていただきたい。まさに、空間、時間、物質の始まり、創世のときの法則性は当然追求されていることですから、それは佐藤さんをお願いします。

それから、今、内井さんはちょっと悲観的な言い方もされたのですが、海部さんはむしろ生命の普遍性、あるいは人間の普遍性とまでいえるかもしれません、それを信じているという言い方はまずいかもかもしれませんが、その観点で、まさに地球の普遍性は明確に見えていると。その中で、生命の普遍性および人間の普遍性、そことの絡みの中で、人類の環境問題等をどう考えているのかということを知りたいと思います。

では、佐藤さんの方から。

(佐藤) 池内先生から、時間や空間の始まりなどをもう少し詳しくという話ですが、アインシュタインが宇宙論を建設するとき、有名な言葉を語っています。「私が一番知りたいことは、神がどのような原理に基づいて宇宙を創ったかということだ」と。また、同時に「神が宇宙を創るときに、神には選択の余地があったかどうかである」ということを言っているのです。もちろん、アインシュタインは無神論者で、本当は神様を信じてはいないのです。池内先生も神という言葉は少しは使われますが、もちろん信者ではないと思うのです。物理学者はよくそういう言葉を使います。つまり、この世界を基本的に動かしているもの、法則を神という言葉で通常は言われているわけです。

物理学者はどういう立場かということ、結局は「物理法則＝神様」と思っているわけです。この世界を動かしている原理は何かということ、それは物理法則だということ。ただ、物理法則といっても、今もって完成しているわけではないわけです。いわゆる世界を動かしている力というのが統一するということ。これが当面の大きな目標でありますけれども、もちろん、今もって成功していないわけでありまして。実は、そういう法則がなければ、宇宙の創生の瞬間に時間や空間がいかに生まれたかということを知ることができません。

先ほど私は「無」の状態から生まれるということをお話しましたが、これはやはり量子論というものと相対論というものを、うまく結婚させることはできないので、仮に同棲

させたような理論で展開しているわけです。しかし、私自身は基本的な本質はとらえているのではないかと考えています。

つまり、物理学の法則で、何かの自由度（物が動くとか方向などの自由度）があれば必ず量子論に従って現象は起こってくる。つまり、揺らぎがあれば、確定的に物事が決まらないとか、そういうような基本的な考え方があります。

そういう意味で相対性理論というものに、ある意味では無理やり量子論を適用させることで、時間や空間という自由度があるならば、それについても量子的な揺らぎとか、そういうものがあるのだと。だから、究極に物が無い状態を考えるならば、同じように時間や空間もないという状態を考えることができる。しかし、その状態は量子論の立場になれば必ず揺らいでいるわけです。言ってみれば、時間や空間が存在、非存在、その間を揺らいでいる。それが量子論での「ゼロ点振動」という立場です。だから括弧付きの「無」、ほとんど般若心経の世界の「無」ではありますけれども、その中からやはりたくさんの宇宙は生まれてくるのではないかというのが、現在のパラダイムです。物理学を最大限、究極のところまで拡張したら、そういう考えが浮かぶという話だと思います。

人類のことについては話したいこともあります、海部先生のお話を聞いてからにしたいと思います。

（池内） 続いてお願いします。

（海部） まず、今の佐藤先生の話に関連して。こういう物理学、宇宙論の話には、先ほど言われたように、よく「神」という言葉が出るのですが、それはなぜかということ、それを書いている人たちが西欧の人だからです。要するに、クリスチャンズムの世界、大統領が就任するときに神様に宣誓する世界であるということ、決してお忘れにならないように。ですから、そこに出てくる「神」というのは、佐藤さんが言われましたが、それは実に習慣的な意味で使われることが多い。本当に神様ということではない。

逆に、仏教ではこの世界は創られたものではない、最初からあるもので、自然（じねん）の世界です。おのずからなるという言葉、まさに自然（じねん）。仏さんというのは人間を導く真理の象徴としてどの世界にも存在するというのが仏教の考え方で、この方が僕らには馴染み深いのです。別に私は仏教徒ではありませんが、ただ、やはり科学者としても、そういうふうな考え方がなじみやすいということですね。

もうひとつ、私はいつも気になっていることですが、「無」からの創造というのも佐藤先生もふれられたように、本当の「無」、何もないのではなく、今われわれが考えているよう



な時間や空間やエネルギーがないという意味で「無」であるということです。その辺は誤解のないようにお願いしたいということです。

それで、池内さんの難しい質問ですが、宇宙の中での地球の普遍性から導かれるのは、宇宙も地球もその生命系も、「人間のため」にあるのではないという明確な認識です。人間は、宇宙の歴史の中の、おそらくたくさんある同じようなひとコマにすぎない。その上に立ってお話します。

先ほど内井先生は進化ということをおっしゃいました。私も進化は非常に大事なポイントだと思います。なぜかというと、われわれは進化の結果存在しているものです。ですから、私たちの存在は過去の長い進化の積み上げなしには決して考えられません。われわれはそれを超越していると時々思ってしまう。しかし、それは決してそんなことはない。

その進化ということをするときに、先ほど哲学者としての内井先生は若干悲観論もあるとおっしゃったけれども、物理学的、科学的な観点から見ても、やや違った観点からですが、若干、悲観論の種というものはあるのです。それは何かと言うと、生命というものを持っているある種、指数関数的と申しますか、倍々ゲームで進むという性格です。

要するに、生物の複雑さというものを数値化する、DNAの数などを数値化すると、これは倍々ゲームなのです。時間とともにヒューツと上がってくるのです。昔は非常に単調にゆっくりゆっくりしか進化は進みませんが、生物が複雑になればなるほど、多様性が増します。増した多様性×多様性で進化が進むので、これは倍々ゲームの要素が必ずでてくるのです。ですから、倍々ゲームで加速度的に進むという要素は、生物というものが持っている性質である。これが一つです。

さらに深刻な問題は、人間が発展させた技術・文明というものが、さらに輪をかけた倍々ゲームであるということです。いろいろなものを発明します。それによって新しいものが生まれます。それがさらに多くのエネルギーを使います。そういうふうにして実際問題としてエネルギーは、ここしばらくの間、10~20年ごとに2倍、2倍になっている。これはもうはっきり統計が示していることです。これをいつまでも進められないのははっきりしているのです。

問題は、そのことはわれわれは止められるのか。われわれは自分たちが気付く前に既に生物であり、人間でありますので、気付いてみたら文明という自転車に乗って走っているわけで、それをわれわれは止められるのか。止まったら、倒れる。こういうことを考えてくると、深刻な気持ちになるのは事実なのです。

ただ一方、されに考えてみると、われわれはそのことを知っているわけです。どうやって知ったのか。それは、人間とは「知る動物」「知りたがりの動物」だからです。ホモ・サピエンス。「サピエンス」というのは「知る」「知恵」という意味です。われわれ人間はどうして今日、人間になったのかというと、いろいろなことを知って、工夫をして、よりよく生きて、その結果、子孫を増やし、より生きる範囲を広げて、宇宙にまで進出しつつあるのが人間という動物ですね。ですから、われわれの武器は「知る」ということなのです。それによって同時に、倍々ゲームのエネルギー問題なり汚染問題なりを引き起こしているということも「知る」わけです。

では、それを知った結果どうするか。これは人間の責任です。やはりわれわれの責任で、先ほど内井先生もおっしゃったように、地球は別に人間など要らないのです。人間は滅びても地球は構わない。だから、「地球にやさしい」などというおためぐかしの言葉は、あまり使わない方がいいですよ。われわれはむしろ地球の上で、先ほど申しました長い時間をかけて作られてきた生物と地球の環境、その中でわれわれも生きている、あるいは生かされているという言葉が適切だと思いますが、そういう中で、われわれは今何をしているのかを知る、どうすればいいかを知る。とにかくこれしかないので、人間の武器はこれです。

だから、科学ということについて、時々悲観的な言葉も聞かれるけれど、その科学によって知った結果をどう使うかも人間の責任ですので、むしろそのことをしっかりとらえていかないと、なすがままでは大変将来は暗いだろうと思っているわけです。人間は人間としての特質を生かすということが、やはり一番重要だと思っています。

(池内) どうもありがとうございました。

海部さんが言った倍々ゲームというのは、まさに先ほどの私の40分の1の法則は、時間の倍々ゲームでありまして、時間を40分の1倍ずつしているという。まさに、人間の技術も加速度的に増大しているという一つの証拠ですね。

そういう中で、海部さんは「知る」ということ。私自身は科学批判をやっているようだけれども、実は科学が本当に健全に育ってほしい。あるいは、社会の中できちんと評価された上で受け入れられ、科学と社会が非常に良い関係を結びながら進められることを一番に念じて、いろいろ本を書いているわけです。そういうことも含めて、私たちがなすべきこと、考えるべきことを、示唆してくださったと思います。



では、竹宮さんに。30年前に『地球（テラ）へ…』を書かれて、二つあるのですが、一つは30年たって、まさにビッグバン理論はもはや仮説ではなく事実として確立している、そういうのを見てどうお考えなのでしょうか。思ったとおりかなとか。つまり、私は漫画家、あるいは芸術家の想像力というものを、非常に評価しているのです。特にSFなどでは、H. G. ウェルズもそうでしたが、まさにその想像力の方が30年、50年先を言い当てていることも多かったわけですね。

（竹宮） 想像力でいろいろな科学や物理学というものから一つ一つ新しい理論が生まれてきますよね。そういうものからそれぞれを結び付け、かつ、哲学の世界、心理学の世界のことを混ぜて考えるというのでしょうか、そういうのが私たちの仕事かなと思っているのですけれども、私もよく「神の領域」という言葉を、作品の中でも使っています。それを何だと思うか。神様というものが、もちろん日本にもそういう存在というのは宗教的には存在するのですが、実際には何かというと、やはり宇宙そのもの、全く人間がタッチできないものと考えています。そういうふうになると、宇宙というものが何か分かってくるということは、神が何を考えているのかということか、自然が何を考えているのかを追求することだと思うのです。

「考えている」という言い方が当たるのか当たらないのか、もしかすると物理的に考えると単にエネルギーの話なのかもしれないなと思ったりもします。人間が肺の中に空気を入れて肺を膨張させる。そして、酸素を二酸化炭素に変えて排出するのですが、その一呼吸というのが、宇宙の命なのかもしれないと思ったりするわけです。それぐらい巨視的に考えることもあります。

そういう想像力の助けになってくれるのが、いろいろな世界の理論だと思うのです。そういう意味で、30年前と比べても新しくというか、はっきりしてきたことがいろいろあるのだなと思っていました。

（池内） 俗に、科学で明らかになると夢がなくなるという言い方をされますが、僕は逆だと思うのですが。

（竹宮） 私はそうは思わないですね。分かってくると、確かに昔思っていたことが確実にようになってきたという部分もあるのですが、新たに考えることもいろいろ出てくるので、何

かがはっきりするという事は、どこか違うところが見えるような気がするので、逆に興味の湧く部分だと思います。

悲観的に考えるというのは、人間にとって悲観的になるということで、それはある意味でよくわかります。しかし星や宇宙の単位で考えれば別に悲観することではない。人間自体の生活と知識の世界での広がりというのは全然関係ないもので、識るということはやはり楽しいものだと思います。人間が生きるということは一瞬でしかないと思うと、「いいじゃないか、それで」という楽観論になってしまうのです（笑）。

（池内） どうもありがとうございました。

皆さんの中で、何かご意見、新たにこういう議論をした方がいいというものがありますか。もし、なければ私の方で続けますが。

今、イマジネーションという言葉、想像力、実は科学の世界でも出発点は思いつきとか直感、インスピレーション、勘とか、まさに科学的ではない言葉を使ってある種のイメージを作りながら科学の理論を作っています。あるいは、海部さんであれば新しいもの、装置を作るときの、「これだな」というものが当然あったわけですね。そういう科学におけるイマジネーションというものを佐藤さんと海部さんに話していただいて、逆に内井さんからは、哲学におけるイマジネーションという観点からでも結構ですし、イマジネーションというのは哲学としてどのように位置付けられるかということ。それから、竹宮さんには、最後イマジネーションを持つコツを教えていただきたい（笑）。

では、佐藤さんから。佐藤さんは、非常にイマジネーション豊かな理論家であります。

（佐藤） イマジネーション。これは本当に物理学者の中でもいろいろいますね。想像をたくましくする人間と、確実に正しい計算をする人といろいろいるわけですがけれども、私はそういう意味では計算が上手な人間ではなく、あてずっぽうを言ってみてという人間です。しかし、そういうイマジネーションというものが科学の中で有効性を持っているのはなぜかということを考えますと、それははっきり言って経験の蓄積、暗黙知ですね。暗黙知である、何かを経験の中から蓄積したものだと、私は思っています。

例えば、物理学者は現在、宇宙は十次元空間の中に浮かんでいる、三次元の膜のような宇宙にわれわれは住んでいるなどという話をするわけです。そして、その中でどういうことが起こるかということ、まず頭の中にイメージしてやるわけです。でも、現実に関わ



われが住んでいるのは、あくまでも三次元の世界ですね。しかし、数学的なこと、四次元や五次元のと看にどうなるかということを見インシュタインの理論を拡張して調べていく、計算などをしていくわけです。それでうまくいかなかったとすると、次に新しい五次元や六次元のモデルを作る。その繰り返しを通じて、そういう世界でも数学的なトレーニングということで、経験を積んでいくわけです。

だから、あらゆるインスピレーションというか、私たちから言うならば、それは何か不完全ではあるけれども、その経験を振り替えて、あるときには、ちょっと夜頭がぼけたときにうまくニューラルネットワークが働いて、そのような根拠のないイメージをつかんでいく。でも、そういうイメージが浮かぶのは、そういう意味での経験がある種あるからこそ、インスピレーションが働くのだと思っているのです。

でも、インスピレーションがどう働くか。それはぜひ脳科学でも解明していただければいいと思います。私自身は、どちらかというイメージから出発する人間ですから、ぜひその辺りを知りたいと思います。

(池内) 海部さん。

(海部) 科学に関してはもう佐藤さんがおっしゃったとおりですね。つまり、インシュタインはすべて想像であの理論を作り出したのでは決してありません。根拠になった物理学的な実験を山ほど積み重ねた結果、彼はそれを統合して非常に鋭い直感である種の法則にまで持ち込んだ。これはガリレオ・ガリレイもそうですね。数学などほとんどない時代に力というもの、重力というものの存在を、非常に直感的に、見事に証明してみせたわけです。

私がちょっとここで言いたいのは、イメージーションというのは先ほど「知る」ということだと言いました。それを別の言葉で言うと、人間というのはその「知る」ということで何を知るか。いろいろなことを知るわけですが、一つは未来を知る。

私は人間がどこから始まったかという、やはり自分が死ぬということを理解したときから始まったと、例えば、そういう言い方ができているのです。自分の将来はどうするのか、どう生きるのか、何が起きるのか。そこから宗教ももちろん始まったわけですが。だから、人間の知るということとイメージーションは、実に表裏一体のものなのです。

人間はイメージーションを持ち得る。夢は犬も見るそうです。それから植物も気分ぐら  
いはあるのだという話があります。内分泌が、活発だと気持ちがいいということだとか、  
日照になるところだとか。けれども、明確なイメージとして未来というものを思い描くこ  
とができるというのは、人間の非常に優れた、唯一人間だけが持っている特質なわけです。

科学はもちろんそういうものを駆使してやってきたし、われわれの生活も、実はイマジ  
ネーション抜きには何にも成り立ちません。「明日あれがある」「何時に学校に行かなけれ  
ばいけない」とか、そういうものもすべてイメージーションのなせる業ですから。

ただ、現在のわれわれにとって大事なものは、それを最大限に広げて、知識を最大限に得  
て、それに基づくイメージーションをさらに最大限に広げることで、未来への道を模範し  
ていくということで、それが地球市民としてのわれわれ全員に求められている、科学者にも  
求められているという気がしています。

(池内) 実は、私はそこに落とし込もうと思っていたのです(笑)。つまり、地球および  
人類の未来を考えるとときには、まさにイメージーション、未来を予測する、未来を想像す  
るという力こそが、非常に大事なのであろうというところに落とし込もうと思っていたの  
ですが、先に言われてしまいました。

次に内井さん、お願いします。

(内井) 哲学者といたしますと、イメージーションの位置付けをせよなどといわれるので  
すが、その問いに対しては、私は「ノー」と答えるたいのです。例えば、昔カントという偉  
い哲学者がいました。彼の言葉では構想力、イメージーションのことだと思っていただい  
て結構ですが、それを、彼の『純粹理性批判』というものすごく難しい本の中できちんと  
位置付けようとしたのです。もちろん、カントは私の百倍も偉い人ですから、そういうも  
のにかみ付くのは失敬だと思われるかもしれませんが、しかし、過去の人に義理を立てて  
いては現代の人は何もできません。私の意見は、先ほど来お話に上っているように、何か  
をブレークスルーするためのイメージーションなどというようなものを哲学的、概念的に  
位置付けて、何の面白いことがあるのかということです。

そのように位置付けたイメージーションなどというものは、はっきり言って全然面白く  
ないのです。イメージーションのイメージーションたるゆえんは、今まで何もなかったと  
ころに新しいものを作っていく、新しいものを少なくともイメージしてまず作り出して、  
それを幸運であれば実現していくという、その創造力にあるわけです。ですから、それ



を概念的にきちんと押さえても、ちっとも面白いことはないのですね。

私は先ほど来、佐藤先生と海部先生の話聞いていて、海部先生も佐藤先生のイメージーションの位置付けに賛成だとおっしゃいましたが、一つ疑問があります。もちろんイメージーションは経験なしでは不可能です。それは私も認めます。ただし、同じような経験を積んだ人の中でも、イメージーションの豊かな人と、そうではない人とがいるわけです。さらに、イメージーションが得意でも、それを結実させるのに成功する人は、また何分の一かに減ってしまうわけです。その差が何なのかというのが、むしろ本来、池内さんが聞きたかったことではないかと思うのです。

それは、哲学者でももちろんイメージーション抜きではろくな哲学はできないのです。私などはイメージーションが豊かかどうかそれは分かりませんが、ただ、哲学者でも、イメージーションのないガチガチの哲学は、全然面白くないのです。先ほど悪口を言いましたカントでも、アリストテレスでも、ガリレオでも、ニュートンでも、ライプニッツでも、本当にすごいイメージーションの持ち主だと思うのですが、なぜ彼らがそのような豊かなイメージーションを持っているのか、私の方が聞きたいぐらいです。それは本当に持って生まれた天分としか言いようがないと思うのです。もちろん、努力もあるとは思いますが。

(池内) 竹宮さんこそイメージーションの実現者なのですが、今のご意見も含めて。

(竹宮) イメージーションというのは、作家たちにとっては年中聞いている言葉の一つなのですが、それを具体的なものと考えると、イメージーションが何かに縛られてしまう。どうも人間臭いことに縛られてしまいます。経験知であるとかそういうものに縛られず、できるだけフリーにしておきたいと私は思っています。

いわゆる、脳科学の世界ではニューロンというようなことがいろいろ具体的に言われて、そういうものがいかに結び付くかで何かが生まれてくる、思考が生まれてくるというふうに使われています。その部分をできるだけ離しておきたい、つなげておきたくない。何かと何かをつなげないまま、フリーの状態のままで浮かせておくことが大事なのではないか。

考えをまとめていこうとするときにそれを結び付けていくということなので、人間としての価値観などとそれを結び付けないことが大事なところかなと。もしかすると、それは動物にとっての何かであったり、あるいは地球という単位での星の価値観であったりする

かもしれないわけなので、決して人間の価値観だけでそれぞれのもの、事象というものを考えないことが大事かなと、私の中では思っています。

できるだけフリーの状態。フリーというのは自分自身というものも含めて、全部価値のないものにしてしまうということです。それこそ宇宙のように、何かにとって、誰かにとってどちらが重いかということがない世界というのが、私にとってのイマジネーションなのです。

(池内) ありがとうございます。何かご意見、付け足すことはありませんか。

(佐藤) 今の竹宮さんの話にも私は大賛成なのですが、ただ一つ、私は先ほどニューロンと申し上げましたが、何かやはり、まずはイマジネーションが浮かぶためには、経験によるたくさんの情報があつて、それらがいろいろなニューロンの場所に記録されることが本質であることは同じだと思うのです。

でも、結局そのイマジネーションが浮かぶときには、ある意味では、無関係な「知」のネットワークみたいなものが偶然寝ぼけてつながることがあつて、それが結構イマジネーションには役立っているのではないかということ、私は常々思っているのです。ときに寝ぼけているようなとき、ある意味で思考がつながることがあるのではないかと思うのです。

先ほど暗黙知という言い方をしましたが、何かつながらなくて随分苦しんでいた。だけど、何かというものがつながるときは、やはり無関係と思うようなところにうまくつながることが、イマジネーションの根源のような気がするのです。

ここに脳科学の専門家がおられたら、こんな勝手なことを言っているとしかられると思うのですけれども、私はそういう偏見を持っています。

(池内) 海部さん、いいですか。時間がそろそろ来てしまいました。今日はいろいろ話が飛びすぎて、私あまり強引に質問をして、皆さんご不興かもしれませんが、お許しください。

今日お話になった事柄は、まさに宇宙から地球、そして人間の歴史、それを俯瞰するというのか、大きく見ながら、その中で私たちが知ったこと、あるいはその知ったことを軸にして想像する、イマジネーションを持つ。それによって私たちの未来を決めていくとい



うのが、非常に大事なことではないかと思っています。

最後にイマジネーションと言ったのは、先ほども言いましたように、今、地球環境問題等さまざまな困難がいられていますが、まさに、私たちが対処していくのはイマジネーションなのです。未来がどうなるかというイメージをきちんと持った上で現在をどう生きるかを決めていく。そのイマジネーションを持つためには、宇宙がどのように始まったかを知っておいた方がいいわけです。私たちは宇宙のどのような子供（産物）であるか。あるいは、地球の太陽系の中での位置付け、普遍性、あるいは生命の普遍性。そういうもののある種の確信、知っているということ。それをわれわれの中できちんと位置付けることによって、本当に私たちが将来どう生きるべきか、地球の人間が将来どう生きるべきかというものの想像力、そして、より具体的にはそれが私たちの生活スタイルから変えていくという実行力につながっていくのではないかと思います。そういう思いで、イマジネーションというものをあえて最後にお聞きしたわけです。

時間も来ましたので、これでそろそろ終わりたいと思うのですが、もし会場の皆さんで何か聞きたいことがありましたら、一つだけ。簡単に、短くお願いします。

(会場) 大変面白く拝聴させていただいていました。私はしゃべるのが下手なのであまりうまくしゃべれませんが、先ほどのイマジネーションの考え方というものには、すごく共感するものがあります。竹宮先生のおっしゃった、浮遊するイマジネーションですが、私の頭の中にもいろいろその画像が今浮かんでいて、その自由に浮遊させてあるイマジネーションを、あるときパチッとスパークさせるものというのがインスピレーションではないかと思うのです。インスピレーションとか直観力。その直観力というのは、佐藤先生がおっしゃった中にもあるように、経験知を育てていくことによって、あるとき突然そのインスピレーションというものがわいてきて、それがイマジネーションをつないで、あるとき大きな発見だったり、発明だったりというものになって、スパークして現れてくるものではないかと私は感じています。

(池内) どうもありがとうございました。実は、質問を受けることは主催者からは禁じられていたのですが(笑)。今日は皆さん、暑い中、お集まりくださってありがとうございます(拍手)。

続けてあと2回、フォーラムがあります。もし時間、あるいはご興味がおありでしたら、

ぜひそちらにも参加して下さるようお願いいたします。封筒の中に、その2回の中身等が書かれていると思います。それから、アンケートにもお答えいただくと、非常にありがたいと思います。それでは、どうもありがとうございました。では、司会者から。

(司会) ありがとうございました。ここで終わらせていただきます。あらためて内井先生、海部先生、佐藤先生、竹宮先生、そして池内先生に、大きな拍手をお願いいたします(拍手)。

以上をもちまして、第12回KOSMOSフォーラム「宇宙と地球」～地球の起源、進化と未来を問う～を閉会させていただきます。

本日受付時にお配りしました資料の中に、第13回、14回のKOSMOSフォーラムのご案内と、コスモス国際賞受賞記念講演会のご案内をさせていただきます。第13回、KOSMOSフォーラム「宇宙と人間」～宇宙において人間はどんな存在か～は、2007年12月9日(日)に、ベルサール九段にて開催されます。第14回国際フォーラム「宇宙と心」～宇宙に意志はあるか～は、来年、2008年2月11日(月・祝)に東京FMホールにて開催いたします。皆様、併せてご参加いただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

また、2007年花の万博記念コスモス国際賞受賞記念講演会および第15回記念シンポジウム「人類と地球の未来のために」も、2007年10月6日(土)に東京FMホールにて開催いたします。こちらもぜひご参加いただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

なお、本日受付時にお配りしたアンケートは、今後の活動の参考にさせていただきますので、ぜひともご記入いただけますようお願い申し上げます。

また、先ほどご案内いたしました第13回KOSMOSフォーラムとコスモス国際賞受賞記念講演会、第15回記念シンポジウムにつきましては、お手元のアンケートにて参加申し込みが可能となっておりますので、併せてご記入いただきますようお願い申し上げます。

ご記入いただいたアンケートは、受付にて回収しておりますので、ご協力のほど、よろしくお願い申し上げます。会場出口が込み合いますので、順にお進みください。なお、お帰り際には忘れ物のないようお気を付けてください。本日はご参加いただき、まことにありがとうございました。