

# 宇宙の探求 —私の宇宙観を求めて



仙台市天文台・台長 土佐 誠

## 1. はじめに一私の宇宙観

私たちがそれぞれの人生観や社会観を持って生活するように、私たちが住んでいる地球や宇宙について自然観・宇宙観を持ち自然や宇宙と上手につき合いたいと思います。宇宙を科学的に研究する学問が現代の天文学ですが、現代の天文学に基礎を置きつつ皆さんと一緒に「私の宇宙観」を求めて宇宙の探求を試みます。

「科学(的)とは何か」を一言で表すのは難しいのですが、物理学者・朝永振一郎(1965年ノーベル物理学賞受賞)は次のような言葉を残しています。「ふしぎだと思ふこと これが科学の芽です。よく観察してたしかめ そして考えること これが科学の茎です。そうして最後になぞがとける。これが科学の花です」。簡潔な言葉に科学の精神が上手に表現されていると思います。「不思議だと思ふこと」は感性の問題、「なぜ、どうして」と問うことですが、ここからそれぞれの自然観・宇宙観の違いが現れます。「よく観察して考えること」は理性の問題、自分なりに納得できる答えを探すこと。これも人それぞれです。そして「科学の花」は科学することの喜びでしょうか。専門家でなくても科学を楽しめそうです。この精神を頼りに、非専門家・一市民の立場で宇宙を探求してみたいと思います。

科学・天文学の面白さは、不思議なこと、神秘的なことが「理解できる」ことにあると思います。とりわけ日常から最も遠くかけ離れた宇宙が理解できるということは不思議な気がしますが、それが科学の「力」です。アインシュタインは「宇宙について最も理解しがたいことは、それが理解可能だということである」という言葉を残していますが、よく理解できる気がします。

## 2. 宇宙という言葉

「宇宙」という言葉はいろいろな意味に使われますが、現代の天文学ではあらゆる

ものを含む時間・空間全体を意味し、宇宙の構造と進化(地理と歴史)を解明することが現代天文学の目標です。

宇宙の構造の特徴は階層構造にあります。最も基本的な構造は太陽のような星(恒星)、そしてたくさん(数千億個)の星が集まって銀河という巨大な構造を作り、さらにたくさん(数千億個)の銀河が集まって大宇宙を構成しています。また、宇宙の進化の特徴は、約140億年前に宇宙の始まりがあり、何の構造もない様な状態から様々な宇宙の構造が作られた時間発展の歴史です。また物質を構成する元素も、簡単な元素(水素)から複雑な元素が合成され、元素組成が豊かになりました。地球や私たちの存在はこのような宇宙の構造と進化の結果です。私たちの宇宙の探求は、このような宇宙の構造と進化をたどる「旅」になりますが、私の経験を振り返りつつ宇宙の探求を進めて行きます。

## 3. 宇宙との出会い

宇宙の探求の第一歩は宇宙との出会いです。出会いは人それぞれですが、私の場合幼少期の「遠くへの関心や憧れ」がやがて空・宇宙に向かったようです。私は幼少期、疎開先の埼玉県浦和市(現さいたま市)郊外で過ごしました。庭で花や虫と戯れているうちに家の外に興味に向かい、道路に出てみると道が遠くまで続いていることに気がつきました。その向こうに何かがあるか気になりましたが、親に連れられて家を離れると、見渡す限り関東平野が広がり、遠方に山々のシルエットが見えました。あの向こうに何かあるのか、一層遠くへの好奇心が刺激されました。このように、成長に合わせてより遠方へ興味や憧れが広がり、そこを見たい、そこに行きたいという願望が頂点に達したときに願望が満たされる経験を重ねました。それは探険家になって新しい世界を発見するような経験でした。振り返ると、その時が自分の住んでいる世界を

意識し興味を持った「宇宙との出会い」だったようです。

#### 4. 宇宙のリアリティ

遠くへの関心はやがて宇宙に向かったのですが、はじめはSF漫画や非現実的なファンタジーの世界に浸っていました。あるとき望遠鏡で初めて月のクレーターを見たのですが、月の世界が現実の世界として目の前に広がる思いがして、宇宙のリアリティを強く感じました。

ガリレオ・ガリレイが初めて望遠鏡を月に向けてクレーターを発見したとき(1609年)、当時のアリストテレス的宇宙観では神聖で完全無欠な球体のはずの月に地球と同じような山や谷があることに驚いたということです。私もガリレオを追体験したようです。私にとって月が宇宙への入り口になりました。

そのとき、月のクレーターも地球と同じように火山の噴火によってできたという話を聞き、いつか噴火をするのではないかと毎日望遠鏡でクレーターを観察したことがありました。しかし、噴火も噴煙も見ることはありませんでした。その後、月には火山活動がなく、クレーターは全て隕石の衝突でできたことを知りました。

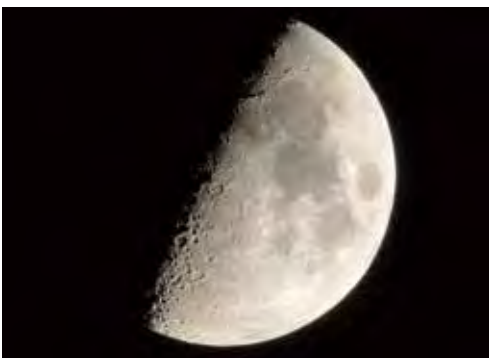


図1 望遠鏡で見た上弦の月

欠け際にたくさんのクレーターが見られますが、欠け際には影ができるのでデコボコが目立ちます。ガリレオは初めて望遠鏡を向けたとき、神聖にして完全無欠の球体のはずの月面にクレーターや平地を見つけて驚いたといわれています。クレーターは大昔の隕石の衝突によって作られたもので、月には地殻変動や風化作用がないので、現在まで残っています。



図2 土星(探査機ボイジャー2号による画像、NASA) 環が目立ちます。環は一枚の板のように見えますが、たくさんの小さな氷の粒やかけらが土星の周りをまわって環を作っています。

そして、季節が巡り待望の土星の環を見たとき、宇宙のリアリティを一層強く感じました。こうして、手は届かないけれど宇宙という現実の世界が存在することを強く感じ、宇宙が私の新しい「遊び場」になりました。このような経験から「月のクレーターと土星の環を見て大人になろう」と子供たちに呼びかけていますが、「大人では手遅れか」と質問されることがあります。天体観望会などで月や土星を初めて見て「世界が広がり、心が開放される思いがした」という感想を聞くことがあるので、大人にも「効果」があるようです。宇宙のリアリティ・現実感や宇宙の探求のモチベーションを高めます。

#### 5. 自然の法則と宇宙

月や惑星に親しむうちに、理科の教科書にあるような太陽を中心に惑星が公転する太陽系の姿がリアル感じられるようになりました。そこで不思議に思ったのは、天文雑誌などに惑星の位置や日月食など天文現象が正確に予報されていることでした。その理由は本の中にありました。月や惑星はニュートンの発見(1665年)した万有引力(重力)と運動の法則(自然の基本法則・物理法則)に従って運動するので、その軌道や運動が正確に計算・予言できるということでした。それまで、宇宙は「目で楽しむ」ものと思っ

.....

ていたのですが、理解するためには「頭で考えること」も必要なことを発見しました。自然の基本法則・物理法則というと難しそうでしたが、「ニュートンはリンゴが木から落ちるのを見て万有引力の法則を発見した」という逸話があるように、その多くは日常の経験や注意深い観察の結果から導かれたもので、常識で理解可能でした。基本的な自然の法則を理解すると、複雑に見える自然現象も解きほぐして理解できます。例えば重力の法則は非常にシンプルですがその「力」は絶大で、天体の様々な性質や現象を解き明かしてくれます。私が特に面白いと思ったのは、天体の形成と回転の起源です。

太陽系の図を眺めながら不思議に思うことがありました。太陽も惑星も衛星も皆同じ方向に回転(自転・公転)しています。さらに、惑星の軌道はほぼ円形で地球軌道面(黄道面)近くに集中しています。とても不思議に思ったのですが、重力と回転の法則がその理由を教えてくださいました。

重力は引き合う力、宇宙に密度の高いガスの塊があれば、ガス同士が互いに引き合っつてつぶれ天体(星)が誕生します。宇宙の最も基本的なプロセス、自然の成り行きです。

物体の回転についても基本的な法則があります。回転を止めようとする力(トルク)が働かなければいつまでも回転を続け、さらに物体が収縮すると回転が速くなります。これも自然界の最も基本的な法則です。天体の母体となるような宇宙のガス塊には様々な内部運動があり、多かれ少なかれ回転運動の成分が存在します。この回転運動成分が収縮によって加速されると、回転する天体が誕生します。つまり天体の回転は天体形成の必然的な結果、自然の成り行きなのです。

さらに、太陽系の形成を考えると、ガス塊の収縮の過程で大部分のガスは中心に集まり太陽が誕生しますが、残されたガスや塵は太陽の周りを回転する円盤(原始惑星

系円盤)を形成します。その円盤の中でガスや塵が集まって惑星が生まれると、惑星は円に近い軌道を同じ方向に回転し、軌道面がそろっていくことになります。こうして太陽系の惑星の自転・公転と軌道面の謎が自然に理解できました。

簡単な法則・原理によって、複雑に見える宇宙の仕組みが理解でき、実にスッキリしたのですが、宇宙を理解するとはこういうことかと思いました。さらに、私たちの日常生活で身近な重力や回転の法則が遠い宇宙でも成り立っていること、その普遍性に驚きました。宇宙は目で楽しむだけでなく、頭を使って論理的に考えることによっていっそう興味深いものになります。

## 6. 恒星の世界—宇宙のスケール

星空に親しむようになると、星座や星座神話などに興味がわいてきますが、それだけでは物足りなくなりました。そして気になってきたのは星の正体でした。望遠鏡でいくら眺めても光の点にしか見えません。その正体は直接眼で見て確かめることはできないのです。そこで、本で調べてみると、恒星は非常に遠方にあるために大望遠鏡でも点にしか見えないということでした。

恒星の正体を知るためには、まず距離を知る必要があります。星の距離を測る基本的な方法は、三角測量と同じ原理で、離れた2点で見た星の方向の差(視差)から距離を求める方法です。原理は簡単ですが、星は非常に遠方にあるために視差が小さく観測が極めて困難です。地球の軌道半径(1.5億km)を基線とした視差を年周視差といいます。1830年代になって初めて観測に成功しました。太陽に最も近いケンタウルス座 $\alpha$ 星でも年周視差はわずか0.77秒です。その距離は4.2光年、地球軌道半径(光で約8.3分)の27万倍です。地球軌道半径を1mに縮めた場合、この星は270km先になります。夜空に肉眼で見

.....

える星の距離は数光年から数 1000 光年になり、その広さは数字で表すことは出来ませんが、人間が「実感」できるスケールではありません。人間の脳はこのようなスケールを実感できるようにはできていないのです。もし「宇宙の広さを実感した」と感じたら少し「アブナイ」かもしれません。昔、「理解するとは実感すること」と教えられましたが、「宇宙は実感できないけれど理解できる」のです。

## 7. 星は遠方の太陽、天然の原子炉

恒星は非常に遠方にあるので、見かけは小さな光の点ですが、もし太陽と同じ距離まで近づけば、太陽のように膨大なエネルギーを放射していることが分かります。つまり「恒星は遠方の太陽」、「星を間近に見たければ太陽を見よ」ということになります。

太陽は最も身近な星ですが、あらためて注目すると、巨大な高温のガス球で膨大なエネルギーを放射しています。物理学の力をかりてその光を分析すると、その主成分は最も簡単な元素、水素とヘリウムで、僅かな重元素（炭素・酸素・窒素など合わせて約1%）を含んでいることが分かります。ここで2つの大きな疑問が生じます。まず、太陽のエネルギー放射はあまりに膨大で、燃焼などの化学エネルギーでまかなうことはできません。そのエネルギー源はなんのでしょうか。次に元素の起源です。宇宙を構成している元素はいつ、どこで、どのようにして作られたのでしょうか。

この二つの疑問は、天文学の歴史においても大きな問題でした。その解答が得られるまでには物理学（原子物理学）の進歩を待たねばなりませんでした。1930年代に太陽のエネルギー源は核融合という原子力エネルギーの一種であることが明らかになりました。「星は天然の原子炉」というわけです。

私もこれを理解するために大学で天体物理学を学ぶ必要がありましたが、その報いは大きなものでした。原子の核（原子核）は非常に頑丈にできているので、通常エネルギーでは壊れたり、合体したりはしません。それが物質の安定性を保証しています。しかし星の中心では極端に高温・高圧なので、原子核同士が激しく衝突し合体・融合するようになります。核融合と呼ばれるプロセスですが、このときに膨大なエネルギーが解放されます。星はガス塊が重力でつぶれて誕生しますが、質量が大きいと中心の温度・圧力が上昇して自然に核融合が起こり輝き始めます。自然のなりゆきです。

こうして星のエネルギー源の謎が解けたのですが、同時に元素の起源に関するヒントが得られました。核融合は原子核が合体することによって新しいより重い元素を作ります。太陽の中心では水素原子核の核融合でヘリウムが生まれますが、質量の大きな星では、核融合がさらに進んで、炭素や酸素などより重い元素が作られます。星は「宇宙の元素合成工場」なのです。



図3 オリオン星雲

「星のゆりかご」といわれている星雲。この付近に濃いガスが豊富に存在し、ガスから星が盛んに生まれています。新しく生まれた明るい高温の星（質量の大きな星）が放射する強い紫外線によって加熱された周囲のガスが輝いて見えます。天の川にそってこのような星が盛んに生まれている領域があります。

## 8. 星の一生と元素の起源

星は核燃料が尽きると星を支えることができなくなりつぶれていきます。質量の大き

な星は、強い重力で激しくつぶれ、その反動で大爆発します。超新星爆発です。このとき星が一生を通じて合成した新しい元素が宇宙に撒き散らされます。そのようなガスから次の世代の星が生まれ、新たに元素を合成します。こうしてガスと星のリサイクルが繰り返され宇宙の重元素量がふえていきます。このような元素の変化を宇宙の化学進化といいます。

実は、後で記すように、ビッグバンで宇宙が始まった直後は、宇宙は水素とヘリウムという最も簡単な元素だけでした。炭素・酸素・窒素など、私たちの体や身の回りの物質を構成する重元素は、宇宙の最初からあったのではなく、昔星の中で核融合によって合成されたものです。今その星は存在しませんが、そこで作られた元素は宇宙を巡りめぐってここに集まっているのです。「人は星のかげら」といわれる所以です。



図4 おうし座のカニ星雲 (NASA)  
1054年に爆発した超新星の残骸。ガスが高速で膨張しています。このような爆発によって、星が合成した重元素が宇宙にまき散らされます。

私が大学生のとき、天文学を学びながら、人間とかけ離れた世界の研究ですこし寂しい気がしたのですが、私たちの体をつくっている元素が星の中でつくられたということを知って宇宙がとても身近に感じられうれしくなりました。天文学を学んで良かったと思うことの一つです。

## 9. 天の川から銀河系へー銀河の発見

星空には星の他に天の川が見られます。都会では光害によって「絶滅」したと言われますが、光害のないよく晴れた夜空には天空を横切る淡い雲のような光が鮮やかに見られます。その正体は、ガリレオ・ガリレイがはじめて望遠鏡を向け、たくさんの星の集まりであることを発見しました(1609年)。肉眼で見える星の数は数千個ですが、実は数千億個の星やガスが円盤状に集まって巨大な集団を作っていますが、天の川はこの星の円盤を内側から見た姿です。このような巨大な星の集団を銀河と呼びますが、太陽が属する銀河を他の銀河と区別して銀河系と呼んでいます。



図5. 天の川  
月の無いよく晴れた夜に、光る雲の帯のように見えます。ガリレオが初めて望遠鏡を向け、たくさんの星の集まりであることを発見しました。約2000億個の星が円盤状に集まった銀河系を内側から見た姿です。

銀河は宇宙の営み・進化に必要なものが全てそろった宇宙の最も基本的な構造、いわば自給自足のできる宇宙における独立国です。銀河の中でガスから星が生まれ、星が輝き元素を合成し、やがてガスに戻ります。銀河はこのような様々なイベントの舞台となります。

## 10. 銀河の世界

銀河は非常に遠方にあるため、2~3の例外を除いて、肉眼では見ることができません。銀河系の隣のアンドロメダ銀河はかろうじて肉眼で見ることができそうですが、肉眼で見ることの出来る最も遠方からの光です。かつて正体不明で星雲と呼ばれていた

天体ですが、その距離がわかり、それが巨大な星の大集団、銀河であることが判明し、宇宙の広がりが一気に拡大しました。その距離は 250 万光年、もし先ほどのように太陽までの距離を 1m に縮めた縮尺では 1 万 6 千 km 先になり、地球をはみ出してしまいます。どのような縮尺を使っても、太陽系と銀河の宇宙を同時に表現することは人間の感覚を越えているようです。



図6 アンドロメダ銀河

銀河系の隣の銀河で、我々の銀河系も外から見るとこのように見えるはずですが、昔、正体が分からず星雲と呼ばれていましたが、250 万光年のかなたにある、数千億個の星やガスが集まった巨大な銀河であることが判明しました。渦巻き構造が目立ちますが、回転と重力の効果で渦巻状に物質が集まり、渦巻きに沿って星が盛んに生まれています。



図7 深宇宙の風景

(ハッブル・ウルトラ・ディープ・フィールド、NASA)  
ハッブル宇宙望遠鏡によって撮影された深宇宙の風景です。光る点は大部分が遠方の銀河で、この中には 100 億光年のかなたの銀河が隠れています。

20 世紀に入り、大きな望遠鏡が建設され、銀河の研究が進むと、銀河系の外、アンドロメダ銀河のかなたにもたくさんの銀河が点在する広大な宇宙が広がってしま

た。「天文学の歴史は遠ざかる地平線の歴史である」とは宇宙膨張を発見したエドウィン・ハッブルの言葉ですが、宇宙の地平線は 100 億光年のかなたにまで広がり、数千億の銀河が散在しています。宇宙は「銀河の宇宙」です。

銀河の世界では、遠方の銀河から光が届くまでに長い時間がかかり、「遠方を見ることは過去を見ること」になります。遠方の銀河を観測して宇宙の歴史を再構成する「宇宙の考古学」が盛んになりましたが、望遠鏡は遠方に昔の宇宙の姿が見られるタイムマシンです。

## 11. 膨張宇宙のインパクト

20 世紀に入り、銀河の観測研究が進み様々な発見がありましたが、最大のサプライズは宇宙の膨張の発見です (1929 年)。いろいろな銀河の距離と速度を観測すると、遠い銀河ほど速い速度で我々から遠ざかるように見えるのです。まるで遠くの銀河が銀河系から四方八方に逃げていくように見えます。不思議で理解しにくい現象ですが、銀河が運動しているのではなく、空間が膨張しているためにそのように見えるということでした。アインシュタイン等によって考えられた空間の新しい概念に基づいた解釈です。「空間」は単なる空っぽの入れ物ではなく、目には見えませんが、膨張したり縮んだりする物理的存在というのです。この空間概念は私もなかなか呑み込めなかったのですが、様々な現象が空間の性質から理解できることがわかり、次第に新しい空間の考え方に馴れてきました。

宇宙の膨張は理解しにくい現象ですが、一様に膨張するゴム風船に例えることができます。風船の上に目印をいくつも貼り付け風船を膨らませます。ゴムは空間、目印は銀河と考えると、風船の膨張とともに目印(銀河)同士が離れて行き宇宙の膨張が再現できます。

.....

宇宙の膨張を受け入れると、大きな疑問がわきます。もし時間を遡るとどうなるでしょうか。今遠ざかりつつある銀河は、過去にさかのぼると互いに接近し、やがて宇宙全体が一点に集まってしまいます。その時が宇宙の始まりでしょうか。

## 12. 宇宙の始まりを考える

宇宙はどのように誕生したか、宇宙に関する究極の間ですが、私が宇宙に興味を持ち始めた頃どう考えたらよいか見当もつきませんでした。天文学の歴史においても、長い間科学的に考える手がかりがありませんでした。20世紀になって、宇宙膨張の発見(1929年)、宇宙背景放射の発見(1964年)、そして元素の起源の研究の進歩によって宇宙の始まりを具体的に考えることが可能になりました。

宇宙背景放射は、赤外線や電波で宇宙を観測すると、宇宙がかすかに一様に輝いて見える現象です。宇宙が目には見えない光(約3Kの熱放射)で一様に満たされていることを示しています。(宇宙背景放射は、その後の精密な観測によって宇宙の解明に決定的な役割を果たすことになります。)

膨張する宇宙を過去に遡ると、物質も宇宙背景放射も限りなく「圧縮」されます。物質は密度が上昇し、宇宙背景放射は光のエネルギーが上昇し宇宙が熱くなります。したがって宇宙は超高密度・超高温の状態から爆発的に誕生したと考えられます。ビッグバンと呼ばれる宇宙の始まりです。このとき、宇宙全体は星の中心部のような高温・高密度の状態、核融合によって水素とヘリウムが作られました。

こうして宇宙の始まりを具体的に考える材料がそろいましたが、もし、宇宙の始まりを突き詰めて考えると、宇宙の誕生、宇宙の「発生」が問題になります。神話や宗教経典にあるように、一気にこの世界が出現したとするとあらゆる自然の法則を破ることになり許されません。しかし、極微の世界であれば、少し物理法則から外れても、「わずかな過ち」として

自然が許してくれるかもしれません。そんな期待から、極微の宇宙の「種」が自発的に発生する可能性が追求されています。しかし、このような極端に重力が強い極微の状態を扱う理論・物理法則がまだ確立していません。宇宙の「発生」の解明は、このような新しい理論の完成を待たなければなりません。

ひとたび宇宙の「種」が発生すると、一気に大膨張(インフレーション)を遂げ、現実の宇宙になったと考えられます。そこで超高温・超高密度の宇宙が出現します。それから後は現在知られている物理法則によって追跡することができます。とは言っても理解に物理学の専門知識を必要とする様々な「事件」が起こりますが、「長い話」を手短かにまとめると、膨張する超高温・超高密度の初期宇宙の中で素粒子が生成・消滅を繰り返し、生き残った素粒子から核融合によって水素とヘリウムが合成されます。その後、宇宙は冷えて核融合が停止します。こうして、宇宙の始まりは水素とヘリウムだけしかなかったのです。さらにこの過程で物質密度の不均一が成長し宇宙の構造の「種」が生成します。これらの「種」は膨張する宇宙の中で重力によって「成長」し、やがて銀河を形成します。こうして宇宙の進化の道筋がつながりました。

## 13. 我々はどこから来たのか

最後に私たちの存在と宇宙とのつながりを考えてみます。これも私たちが宇宙に興味を持つ大きな動機だと思えます。地球という星に生命が誕生し進化して人類が誕生するまでにはまず地球という星が必要です。もし、宇宙に階層的な構造がなく、一様に物質が分布していたとすると、惑星も恒星も誕生することはできませんでした。密度が低すぎて重力が弱く、惑星も恒星も自力で物質を集めることができなかったのです。地球が誕生するためには太陽の力が必要でした。太陽の重力によってその周囲にガスや塵が集められ、その中で地球が生まれるこ

とができました。太陽も銀河系(銀河)という巨大な物質の集積のなかで誕生することができたのです。そして、銀河も諸条件のそろった宇宙の中で誕生することができました。さらに、私たちの体をつくっている重元素に注目すると、これらの元素は星の中で合成され、星間空間を漂って今ここに集まっています。こう考えると、宇宙と我々の存在は長い宇宙の歴史を通じてつながっていることがわかります。もし「我々はどこから来たのか」と問われれば、私の体を構成する元素は「我々は宇宙からやってきた」と答えるでしょう。

宇宙は地球人だけのためにあるわけではありません。地球以外に生命が存在しても不思議ではありません。最近、太陽系の外の惑星(系外惑星)の探査が進み、現在までに3000個を超える系外惑星が見つかっています。その多くは木星のような巨大な惑星ですが、サイズが地球に近い惑星もいくつかあります。地球と同じような自然環境を持つ惑星や地球外生命に関心が集まりますが、現在の観測技術ではそれを確認することは困難です。現在、生命の存在が確認されている惑星は地球だけです。火星は生命が存在する可能性が高いと考えられてきましたが、長年の探査にもかかわらず、微生物も生命の痕跡も見つかっていません。

地球外生命を考えると、生命の素材となる宇宙の元素組成や生命活動を支える化学反応の法則などを考えると、地球外生命といえども地球生命に似たものになると考えられます。さらに、高等生物に進化するためには地球のような日光・大陸・大気・海洋などのバランスのとれた自然環境が必要です。従って、地球サイズの惑星が見つかったとしても、生命や宇宙人の存在を保証するものではありません。生命が誕生し進化するためには多くの条件をクリアしなければなりません。地球外生命を知りたいければ地球や地球生命を研究せよということになります。

私たちの宇宙の探求は最後に地球という星、そして地球上の人間の存在にたどり着いたようです。あらためて、大地に足を踏みしめてフランスの画家ポール・ゴーギャンの絵画「我々はどこから来たのか 我々は何者か 我々はどこへ行くのか」に込められた問いかけに向き合うことになります。



図8 宇宙から見た地球 (NASA)

地球は46億年前、太陽とともに誕生しました。現在、宇宙で唯一生命の存在が確認されている惑星です。人類はアフリカに出現し世界中に広がったといわれています。

#### 14. おわりに

私は、これまで主に東北大学で天文学の教育・研究に従事してきましたが、2008年からは仙台市天文台という社会教育・生涯学習施設で社会教育に従事しています。私が宇宙天文学に関心を持つようになった経緯や教養教育・社会教育の経験をもとに、専門家の立場を離れて一市民として現代の宇宙像を再構築してみました。ここで紹介した宇宙像は20世紀後半に確立したものですが、その後も様々な発見や発展がありました。これらの天文学の発展はここで紹介した宇宙の構造と進化の枠組み中に位置づけることが出来ます。

人類の自然観・宇宙観は歴史とともに豊かになりました。個人においても、成長とともに学習や経験を重ね自然観・宇宙観が豊かになりますが、それは人類史を体験することでもあります。新しい知識や考察を加えてそれぞれの宇宙観を豊かにしていただければと思います。もし、疑問を感じたり、不思議に思うことがあれば、それは新しい科学の目、新しい探求の出発点になります。