ひとつのいのち

――その気付きのための理性(2)――

川崎医療短大　医用電子工学科　　　川崎医科大学名誉教授

中　川　定　明

(平成3年10月31日受理)

A common life of all the living things

――reason for the enlightenment of itself (2)――

Sadaaki NAKAGAWA

Professor Emeritus, Kawasaki Medical School
Kurashiki, 701-01, Japan

(Received on October 31, 1991)

前報(1)ではⅠ．生命の特性――内部宇宙。II．生命の発生――分化と進化の二章を書いた。それに続いて本報では第三章――生命の起源としての外部宇宙についてⅠ．時間と空間　II．宇宙の誕生　III．星の誕生　IV．星の進化と輪廻に分けて考察する。第三章の目的は宇宙論を記すことではなくて次回に記す第四章への橋渡しとして必要だからである。天文学や宇宙論について筆者は全くの門外漢であるが，疑問の幾つかを少しでも理解したいので，一般向きの分かり易い成書の記載にある天文学者や物理学者が発見・研究したこと，専門家が推定または予想しあるいは考えた形而上のことに関する，まだ混沌として難解な諸問題を，筆者の理解できる範囲で大胆にも整理・要約してみた。素人の無知による誤解は許して頂きたい。

In this chapter, outside universe as the cosmic source of the life is discussed. Four problems of the cosmos ; Ⅰ. the time and space, II. birth of the cosmos, III. birth of the star and IV. the evolution and cycle of stars are discussed. The purpose of this chapter is not to make the argument about the cosmos itself but to make a bridge between inner universe and outside universe, since this approach is nessessary to the enlightenment of common life of all the living things.

『人はパンだけで生きるのではない。人間の宇宙における位置付けをいっそう良く理解する必要がある。』　――ホーキング――

第三章――生命の起源としての外部宇宙

Ⅰ．時間と空間

宇宙という語の出典は中国・漢時代の古典『淮南子』で，「宇」は空間「宙」は時間をあらわすとされている。空間と時間は近代宇宙論で最も問題になった概念であるが，遠く漢の時代に既に中国では時間と空間についての形而上学が存在したことは驚くべきことである。唐代に中

国で学んだ道元は『正法眼蔵』の「有時」の巻に「時すでにこれ有なり。有はみな時なり。松も時なり。竹も時なり。時は飛来するとのみ解会すべからず。尽有はつらなりながら時々なり。山も時なり。海も時なり。この道理に明星出現す。如来出現す。」と形而上学的な佛教教学を記した。前報で述べたように，私どもの内部宇宙は一瞬も同じ状態には留まっていないのが事実であるから，私ども自身は「空間」を占めるだけの存在ではなくて「時間」を含んだ存在であり，道元はこのことを洞察していたと考えられる。ちなみにギリシャ語の「コスモス」は「秩序」と「美」の意味を含み，ラテン語の「ユニバース」には「統一」とか「普遍」という意味があり，それぞれの文化の特徴を示している。

現在，宇宙の起源と見做されているビッグバン（大爆発）宇宙論は1890年代にルメートルが大胆に予想したものであった。宇宙はビッグバンという神の創造の仕業から始まったと彼は考えたらしい。これより先1887年，アメリカのマイケルソンとモーレーは光の速度を知ろうと試みた。非常に精密な光の干渉計を使って複数の星の動きから光の速度を測定し，それは地球の運動方向と無関係に一定であり１秒間に約30万㎞であることを割りだした。西欧近代の「時間」と「空間」の概念が今世紀初頭アインシュタインから出発した事は周知のとおりであるが，アインシュタインはマイケルソン・モーレーの計測を基礎として，ニュートンがいう「絶対時間・絶対空間」に対する「時空間」の考えを創造した（1905年）。ニュートンは「時間」と「空間」とは或る現象がその中で起こる舞台であり，何処でも何時でも常に同じであると考えて「絶対的」としたのだが，アインシュタインは「一般相対性理論」から導いた下記の「重力の場の方程式」によって，「時間」と「空間」が別々にあるのではなく二つが纏まった密接不可分な「時空間」の存在を考えた。

$$R_{ik}-\frac{1}{2}g_{ik}R=-\kappa T_{ik},\ \kappa\frac{8\pi G}{c^4}$$

スライファーは1912年から３年間，星雲からくる光のスペクトル写真を分析し続けて，全ての星雲が赤色偏移を示すことを見つけた。一般に，光源が観測者から遠ざかる時には光のドップラー効果によって光の波長が長くなって赤色に偏移することが分かっているが，星雲の赤色偏移の観測は，今世紀最大の天文学的発見といわれるハッブルの宇宙膨張論（1929年）をみちびいた。ハッブルはそれまでに分かっていた46個の星団にかんする赤色偏移と，距離が分かっていた18個の星団の距離からすべての星団が一様に遠ざかっていることを見つけた。1948年ガモフは体積が膨張すれば温度が下がる原則に従ってビッグバン宇宙初期の超高温状態が，膨張によって絶対温度５Ｋ（ケルビン）付近まで温度を下げた名残が宇宙に残っている筈だと予言した。1965年ペンジアスとウイルソンは絶対温度2.7Ｋという極めて冷たい「熱副射」が宇宙のあらゆる方向（宇宙背景）からやってくること，つまり宇宙全体に一様にひろがっている「宇宙背景放射」があることをみつけ，これは超高温状態の熱副射の証拠であるといった。「宇宙背景放射」のことを「光の化石」ともいい，1989年アメリカ航空宇宙局 NASA はビッグバン宇宙論を検証するために「宇宙背景放射探索用人工衛生」を打ち上げた。

ホーキングは1988年，ビッグバンから10^{-44}秒より以前の宇宙時間を「虚時間」と表現した。「虚時間」によって相対論的な「宇宙の始まり」という「実時間」がなくなった。「虚時間」を私どもはイメージすることが出来ないが「虚時間」では時間の方向が空間の方向と同様に始まりも終わりもないものとされて，ホーキングの宇宙論では「宇宙は始まりも終わりも無いもの」になった。それが，「不生不滅の生命観」に類似していることは次々回(4)で論ずる。

II．宇宙の誕生

1970年代に入った頃，天文学・宇宙論と素粒子論という一見すると全く無関係な極大と極小の両分野の研究が手を繋いだ。これがビッグバン宇宙論の最近の成果である。

ハッブルがいう宇宙膨張を逆にさかのぼれば，宇宙が無限に小さく濃密だったビッグバン直前の点があったことを示唆する。ビッグバンが宇宙空間のどこで（空間）いつ（時間）起こったという問いは無意味だという。時間と空間はビッグバンの瞬間から別れたもので，ビッグバン直前は「時空間」とでも言うべき一体のものがあったという。その「時空間」の出現の直後から「時間」と「空間」が始まった。宇宙時間がゼロのときはビッグバン理論によると宇宙物質の密度が無限大である。「時空間」の出現の瞬間とはビッグバンから10^{-43}秒たった時で，この時間のことをプランク時間といい，その時の宇宙の直径は譬えてみれば１ミクロン程度しかないのに，重量は無限大であったと想定されている。厳密に時間が零の状態では宇宙論と素粒子論が一体の「素粒子の重力」とでもいうべき新しい理論が必要になるとされた。しかし，その理論は多くの物理学者の努力にかかわらず，未だ生まれていないから，われわれは時間が零の状態へ遡るガイドを持たない。宇宙初期では陽子・中性子などの原子の構成要素はハドロン（バリオンと中間子）レプトン（ミューオン・電子・タウ粒子ほか）に分かれた状態にあったことはもちろん，現在物質構成の最も基本的な素粒子とされるクオークが自由状態で存在していたと考えられる。ビッグバンから10^{-10}（百億分の一）秒経った頃は電子と陽電子などのレプトン，光子などが高いエネルギーで宇宙を飛び回っており，宇宙温度が下がって10兆ケルビンに達した時点でミューオン（電子より約二百倍の質量をもつ素粒子）とその反粒子のペアが創成され，宇宙温度が約１兆ケルビンになると陽子・中性子とそれらの反粒子のペアができ，およそ１秒経過した時点で原子核が形成された。プラス荷電の原子核とマイナス荷電の電子が結合して中性の原子ができたのはビッグバンから30万年たった頃で，その宇宙温度は3000Kであったと推定される。尤も，原子といっても水素が主である。原子核を開放すれば巨大エネルギーを作ることができると，アインシュタインが相対性理論で予言したのは周知のことである。素粒子物理学の実験で使われる加速器は，たとえば中性子のような荷電粒子を超高速に加速して高エネルギーで標的の原子核あるいは素粒子に衝突させてより小さい素粒子に分裂させるのであるが，水素原子から電子を一個叩きだすのに必要なエネルギーは約14eV（電子ボルト）である。原子核を破壊して中性子を叩きだすには百万電子ボルト単位（MeV）を要し，さらに中性子を素粒子に分解するには十億電子ボルト単位（GeV）が必要である。現在，最高の加速器は

10^3GeV のエネルギーが出せるが，プランク時間のエネルギーは10^{19}GeV 以上であったと推定される。この高エネルギーもビッグバンの瞬間の宇宙膨張放射エネルギーより小さく，クオークが自由状態で飛び廻っていたのはさらに超高エネルギー下であった。

この超高エネルギーが生まれたビッグバン以来膨張し続ける宇宙に果てがあるのか？膨張を続ける宇宙の果てを考えようとするのは人間の宿命である。宇宙は閉鎖系なのか開放系なのか？その涯に水素原子さえ見当たらない無涯の開放された世界があるのかも知れない。ともあれビッグバン以来150億～200億年たっている今日，われわれが見ようとしている宇宙は光の速度（毎秒30万km）に150億～200億年を掛け合わせた宇宙の部分でしかないことは間違いない。宇宙を見る目は現在のところ，パロマ天文台の200インチ反射望遠鏡で20億光年の彼方まで達した。また，目で観測するのではないがラジオ星が発射する電波をキャッチすることによって，反射望遠鏡よりも遥か彼方の星の存在を認識する「電波望遠鏡」や，星が発射するＸ線を探る「Ｘ線天文学」が生まれた。

III．星の誕生

ビッグバンの後30万年たって原始物質として水素が最初にでき，宇宙が水素で偏漫するほど急速に膨張すると宇宙空間の温度はぐんぐん下がって摂氏零下100度以下の冷たいガス状になる。ガス状の水素はかたまって直径１万分の１ほどの微細な固体をつくる。これが星間物質であるが，星の間にある物質とはいうものの其の密度は１立方㎜あたり水素原子10個に足りず，地球上の真空より遥かに希薄である。こんな希薄な空間でも何万光年単位の距離を透して見れば光を遮る。この星間物質が結合し収縮し，収縮圧（重力）によって中心部に熱を持つようになる。これが星の始め（原始星）である。原始星は自ら光を発するほど高温ではないが，凝集圧が高まって高密度，高質量になるにつれて重力のために星の中心部で原子核融合反応が起こり，４個の水素原子核から一個のヘリウム原子核ができる。星は原子力の高温のために，ガス体としてしか存在できないが，中心部のガス体の密度はどんな金属よりも高い。本来ならばガス体は放散する筈だが高い質量の引力のために拡がらない。そのため太陽を始めあらゆる恒星はガス状であって，原子力で水素をヘリウムに変えながら光を出している。太陽は莫大な熱を四方に放射しながら，現在までの宇宙の年令150～200億年よりも多く，今後500億年は輝き続けると計算されている。太陽中心部の原子核融合反応の素材はこれほど莫大である。

自ら光を発している天体を「恒星」という。恒星のまわりを廻っている「惑星」あるいは惑星のまわりを廻っている「衛星」は恒星の光を反射して光っている天体で，衛星の距離は宇宙的距離からみれば極めて惑星に近く，その光はまた極めて弱くて恒星の光の陰にかくれて目に見えない。

太陽は地球が属する銀河系の中の一つの「恒星」に過ぎない。銀河系は夥しい星が平たい円盤状に集まった星団だから地球から見て河のように帯状に見える。星の数が約1000億というのは銀河系の中だけの話で，宇宙には銀河系に相当する星の集団が幾百億，幾千億もある。たと

えばアンドロメダ星雲は銀河系と対等な宇宙の一つの島（島宇宙）である。原始星を含めれば，宇宙全部の星の数は想像もつかない。人間という小さな生物を構成する体細胞の数でさえ約50兆個あるが，宇宙の星の数も数百兆あるいはそれを遥かに越えて無数にあるのかもしれない。恒星の１～10%が惑星をもつといわれる。つまり，1000億個の太陽を持つ銀河系には10～ 100億個の惑星系がある計算になる。その中には地球を生んだような特別の条件に合致する惑星が幾つかはあると考えるのが合理的で，それらの中に地球のように生物が生まれ，進化し，または文化をもつ惑星があるかもしれないと考えることも理に叶っている。

Ⅳ．星の進化と輪廻

星にも「寿命」があり「進化」がある。原始星の誕生については上述したが，宇宙には様々な星がある。たとえば，太陽の千倍も大きい星があるかと思うと，半径が太陽の50分の１（地球の２倍）くらいしかない小さい恒星もある。星の表面温度と光度とは比例するのが一般であるが，この小さい星は表面温度１万度（太陽は6000度）という高温であるのに，光度は非常に弱くて白く見えるので「白色矮星」といわれる。白色矮星の質量は１立方センチあたり100kgもある。表面温度が高いのに光度が低くてオレンジ色を呈する星も沢山ある。その差異に注目してヘルシュプルンクやラッセルが星の集団を第一種族と第二種族の二つの系列に大別した。このグループの違いは，前者には星間物質が有るのに後者には星間物質が無いことである。星間物質が有ることは新しい原始星が生まれる可能性を孕んでいることであり，その逆は星間物質がないので原始星が生じないほど進化が進んで老化した星の集団である。別の表現をとれば第二種族の星の集団は星間物質を吸収し尽くした星の集まりである。

シュワルツシルドらは第一種族の星は，燃えないヘリウムの芯が成長すると共に星間物質を吸収して水素の容積が増え，星がますます大きく明るくなり，必然的にいわゆる「巨星」になると考えた。その時の芯の密度は重力によって非常に高くなり，温度は１億度（太陽の芯は現在1300万度）に達する。こういう高温・高密度になると芯のヘリウムにも変化が起こって，三個のヘリウムが核融合によって中性子と結合しながら炭素を経て次々に重い元素たとえば鉄に変わって行く。「巨星」の最後に重大な転機がやってくるのが「超新星」である。後冷泉天皇の頃，西暦1054年の古文書に「見慣れぬ新しい星が出現して木星のように輝いた」とある。この新しい星は，3000光年の彼方にあって爆発した後，膨張を続けている「かに星雲」に相当すると考えられた。3000光年の距離（地球から月までの距離は38万kmで，月の光は約１秒で地球に達する。１光年は10兆km）から計算すると，その光度は太陽の数億倍であったと推定される。このような「超新星」が毎年数個出現している。したがって「かに星雲」に相当する星の集団が20億光年の可視範囲内だけでも毎年数個の割りで増えていることになる。

「巨星」の最後は「超新星」であるが，質量の小さい星の最後は「白色矮星」になり，さらに芯の密度が極度に高くて光子（光の粒子）さえも吸収した暗い星が「ブラックホール」になる。その密度は１立方cmあたり100億トンという。この高密度は高引力を持つから「ブラックホー

ル」は物質だけでなく時間さえも吸い込んでしまう。勿論「ブラックホール」を見ることは出来ないが，X線を放射している天体のあたりが「ブラックホール」であると考えられている。ガスや星間物質を含むあらゆる天体が吸い込まれる寸前に中性子が重力で崩壊してX線を放射するからである。現実には白鳥座のX－1が「ブラックホール」と見なされているが，他にもX線の線源は多数観測されている。「ブラックホール」が自身の重力に耐えられなくなったとき大爆発が起こるが，それは宇宙初期のビッグバンの大爆発に似ている。どちらもガスを宇宙空間に撒き散らして星間物質をつくった筈であるが，その規模は全く違う。

原始銀河系はこうして出来たガスと星間物質の塊であったと推定されるが，こうして第一種族の星雲から「巨星」が次々に生まれては第二種族の星の集団に変わり，第二種族の星の集団から爆発によって第一種族の星雲が生まれるという「星の輪廻」を繰り返し，複数の「星の輪廻」を含みながら宇宙は膨張を続けている。

英語では宇宙をspaceというが，宇宙は閉鎖系の空間とは考えられない。今年，東大の宇宙電波観測所が超高性能パラボラアンテナを開発して，銀河系の中心部に長さ1300光年，厚さ150光年，太陽の１億倍の質量をもつ巨大な星間物質の塊があることを見つけたと報ぜられた。銀河系の中心部で過去の爆発によるエネルギー放射が続いているのに，普通の反射望遠鏡ではそれが観測できなかっただけとは驚くべき事実である。宇宙には無数の中心があってそれらの引力系の周りに星雲が出来，星雲は勝手な方向に動きながら，宇宙全体は一定の膨張を続けているらしい。私どもの内部宇宙が一瞬も同じ状態には留まっていないのに似て宇宙もまた一瞬も同じ状態には留まっていない。Ⅰ．時間と空間で述べたように，ホーキングの宇宙論で「宇宙は始まりも終わりも無いもの」になったという意味は，時間的な「無始無終」だけでなく空間的にも「無始無境涯」だという形而上的概念が打ち出されたことになる。古典的な宇宙観は或る種の絶望感を内在させていた。あらゆるものが「衰えていく」という絶望感である。宇宙はビッグバンに始まってブラックホールに飲み込まれてしまい，ブラックホールは大きく成長すると共に数もどんどんふえて暗黒の宇宙の中にブラックホールだけが漂うという宇宙の死を予言する人があった。実はブラックホールがふえる間にも宇宙は無数の星雲の新生と崩壊を包みながら，まるで生き物のように限り無く膨張を続けてゆくから，宇宙の終わりは無いということが次第に明らかになりつつある。

参照文献

1）黒星けい一：宇宙論がわかる　講談社現代新書：1991
2）道元――正法眼蔵（上）：岩波文庫
3）今枝国之助・今枝真理――ブラックホールの物理学――時間と空間を超えて　講談社ブルーバックス：1982
4）松田卓也・二間瀬敏史――時間の本質をさぐる　講談社現代新書：1990
5）林　一訳・ホーキング――宇宙を語る　早川書店：1988
6）畑中武夫――宇宙と星　岩波新書：1974