



最新宇宙誌 [0]

宇宙誌と地球誌の十大事件

福江 純 (大阪教育大学)

1. 口上

何年か前に、ブラックホールに関する解説記事を書いたときだったと思うが、宇宙論についての解説も欲しいという声が上がったことがある。ぼくに寄せられた声だったか、だれでもいいから『天文教育』に書いて欲しいというのだったかは忘れたが、一般的に、天文学と言え、**「ブラックホール」「宇宙のはじまり」「宇宙人」**が三大関心の的であるのは、ご存じのとおりだろう。いずれにせよ、そのときは、ぼくより適任の方はもっとおられるので、そのままに忘れてしまった。

で、昨年(2006年)のノーベル物理学賞は、宇宙背景放射の揺らぎの研究に対して、ジョン・マザーとジョージ・スムートに授与された。早速、編集委員長の作花さんから、「解説記事を書いてよ〜」ってメールが来たのだが、10月頭の素晴らしい秋晴れの時期を、幸か不幸か、いや完全に不幸なことに、強烈なノド風邪で寝込んでいて、残念なことに、そのときの執筆依頼は断らざるを得なかった。

で、申し訳なかったなあ、と思っているときに、冒頭の話も思い出してしまって、宇宙背景放射の話だけに限らずに、いっそ、宇宙の歴史について、ざっとまとめてみるのもいいかなと思った次第である。次第であると言っても、「お前、できるのか？」って問われたら、「できるのかな〜？」って気もするし、一般向けの本では簡単に紹介したこともあるが、最近の新しい進展は追っかけていないので、途中でゴメンナサイということになるかもしれない。叱咤激励はもとより、罵詈雑言なんでも受け付ける覚悟です。

今回は、本連載への準備ということで、全

体の構想を述べておきたい。

2. 宇宙誌の五大事件

宇宙が誕生してから現在に至るまでの宇宙の歴史で、細かく挙げていけば、いろいろな事件や出来事があった。それらの詳細はきちんとした教科書に任せて、この連載では、宇宙の歴史の中で本当に重大だったと思う事件を五つ取り上げて“宇宙誌の五大事件”をしたい。もちろん10個挙げると言われれば10個にすることはできるし、1個だけにしろと言われれば“宇宙の誕生”だと即答できるが、まあ五つぐらいが適当かと思う。

表1 宇宙誌の五大事件

エポック	時間	赤方偏移	出来事
I	0	∞	宇宙の誕生
II	40万年	1088	宇宙の晴れ上がり
III	2億年	10	宇宙の再電離
IV	30億年	2	銀河の形成
V	90億年	0.3	太陽系の形成
V	100億年	0.2	生命の誕生
	137億年	0	現在
∞			宇宙の未来

宇宙が誕生してから現在まで、137億年の歴史の中で重要な出来事をまとめると表1のようになるだろう(図1も参照)。最初の欄は事件簿のファイル番号だ。二つ目の欄の時間は、宇宙が誕生したときを時刻0としたおおまかな時間である。三つ目の欄の赤方偏移は、

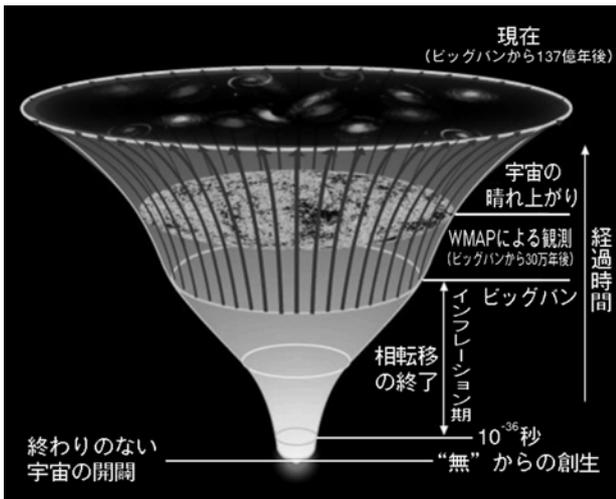


図1 ビッグバン膨張宇宙のイメージ図

垂直方向が時間軸（下が過去で上が未来）で、水平方向が空間軸になっている。時間が経つにつれ、空間が膨張している。四半世紀ほど前の宇宙は単純なビッグバンで説明できていたが、いまどきの宇宙はなかなか複雑になっている。まず時空構造自体が、超空間の中で無から宇宙は創生し、インフレーション的な膨張を経て、緩やかなビッグバン減速膨張に移行し、さらにふたたび加速膨張に転じているらしい。その間には、基本力が四種類に分離したり、物質ができたり、宇宙全体がいったんは中性化したのにまた再電離したり、星や銀河などの天体や構造が形成されたり、挙げ句の果てには、生命や人類まで生まれたり、なかなか忙しい。

（出典：<http://www.nikon.co.jp/main/eng/feelnikon/discovery/light/chap01/sec01.htm>）

天体から放射された光の波長が元の波長に比べてどれくらいずれているかという割合で、膨張宇宙においては、赤方偏移が大きいほど過去の出来事であり、遠い出来事であることを意味している。また赤方偏移の値は、過去の宇宙と現在の宇宙の大きさの比率でもあり、たとえば、赤方偏移が1000ということは、当時の宇宙に比べて、現在の宇宙が1000倍に膨張していることを意味している。

本連載では宇宙誌の五大事件として、以下

の出来事を取り上げたい。

【エポックⅠ】宇宙の誕生

最初の事件は、もちろん、「宇宙の誕生」すなわち宇宙開闢の物語だ。

現代の宇宙論では、“無”から量子力学的ゆらぎによって宇宙（時空）が生まれ、インフレーション期と呼ばれる指数関数的な時空の急膨張を経た後、現在の緩やかなビッグバン膨張宇宙になったと考えられている。その過程で、重力、強い核力、弱い核力、電磁気力などの“力”が分離していき、水素やヘリウムなどの物質が生まれたと信じられている。

【エポックⅡ】宇宙の晴れ上がり

第二の事件は、「宇宙の晴れ上がり」すなわち輻射と物質の時代の終わりであり、かつ宇宙の暗黒時代の始まりだ。

宇宙が誕生したころは、宇宙全体は輻射（エネルギー）と物質が渾然とした高温高密度の火の玉状態だったが、宇宙膨張と共に火の玉の温度はどんどん下がっていった。そして、宇宙が誕生して約40万年後、宇宙が約1億光年まで広がり、火の玉の温度が約3000Kまでになったとき、それまで電離していた水素（陽子と電子）が結合し、中性水素になった。光に対して不透明な電離水素が、光に対して透明な中性水素になったため、宇宙全体が澄み渡ったわけだ。これを「宇宙の晴れ上がり」と呼んでいる。

なお、中性状態となった水素ガスは、中性水素の21cm線という電波は出すが、あまり電磁波で情報を発信しない。そのため、宇宙が晴れ上がった後、星や銀河がたくさんできるまでの期間は、宇宙でどんな出来事が起こったかわかりにくいため、その時期を「宇宙の暗黒時代」と呼んでいる。

【エポックⅢ】宇宙の再電離

第三の事件は、「宇宙の再電離」すなわち暗黒時代の終わりで、天体時代の始まりである。

宇宙が晴れ上がったとき、宇宙全体にあまねく存在するガス物質（大部分は水素ガス）は、一部電離していたかもしれないが、大部分は中性状態で電離していなかったはずである。たしかにそういう状態は、一度はあったと考えられている。ところが、一方で、現在、銀河間に存在する希薄ガスは、中性状態ではなくて、ほぼ完全に電離している。ということは、宇宙の晴れ上がり後のどこかの時点で、宇宙のガスが再び電離するという事態が生じなければならない。中性化したり電離したり宇宙も忙しないことではあるが、赤方偏移が10から6ぐらいで起こったらしいこの事件を「宇宙の再電離」と呼んでいる。

中性状態の水素ガスを陽子と電子に電離するためには、外部から紫外線などでエネルギーを与える必要がある。すなわち、宇宙の再電離に先立って、星かクェーサーかわからないが、紫外線を発する光源が存在したことになる。宇宙の再電離は、「最初の天体」の形成も意味している重大な事件なのだ。

【エポックⅣ】星と銀河の形成

つぎなる事件は、表向きながら（ダークマターとダークエネルギーを別勘定すれば）、現在の宇宙を形作っている「星と銀河の形成」だろう。宇宙の構造形成の時代でもある。

現在の理解では、まだ星が先か銀河が先かは、よくわかっていないと思う。星間ガスが重力で凝集して核反応で光り出したモノが星、星やガスが大量に集合したモノが銀河、だと定義すれば、一見、星が生まれて後に銀河ができたような感じはする。しかし、現在の考え方では、ダークマターなるものが作った重力ポテンシャルのくぼみに、通常ガス物質が集まって銀河となったと考えられているの

で、星と銀河は同時にできたと言う方が正しいかもしれない。

まあいずれにせよ、こちらへんはまだ不勉強なので、連載のためには勉強せねば…。

【エポックⅤ】太陽と太陽系の形成

そして、最後の大事件が、「太陽と太陽系の形成」すなわち「地球と生命の時代」だ。太陽系や地球の形成と生命の発生を一括りにするのは乱暴かもしれないが、宇宙誌という観点から見れば、直接の因果関係をもった一連の事象と捉えていいだろう。

あえて書くまでもないが、宇宙が誕生して90億年ほど経ったころ、人類にとってきわめて重要な出来事が起こった。太陽と太陽系の形成である。さらに、10億年後、いまから約36億年前、人類にとってやはりきわめて重要な出来事が起こった。地球における生命の発生である。

以上のような大きな事件を経ながら、宇宙は137億年の齢を重ねて、やっと現在まで辿り着いたのである。

【エポック∞】宇宙の未来

元氣と時間があれば、宇宙の未来についても、起こりうる事件を紹介していくかもしれない。

3. 地球誌の五大事件

ついでとってはなんだが、地球の歴史における五大事件についても、簡単に紹介しておこう。

地球の歴史においても、いくつかの重大事件が起こっている。人によって、五つに数えたり、七つに数えたり、いろいろあるようだが、ここではキリもいなので、五大事件としてみよう。

地球が誕生してから現在まで、46億年の歴史で重要な出来事を表2のように挙げてみた。

表2 地球誌の五大事件

エポック	時間	出来事
1	46億年前	地球の誕生
2	38億年前	生命の発生
3	27億年前	最初の光合成生物
4	20億年前	酸素分圧の増加
5	5億6000万年前	多細胞生物の出現

【エポック 1】地球の誕生

地球誌においても、何はともあれ、最初の重大事件は「地球の誕生」である。灼熱の惑星として生まれた地球が、水惑星へと変化する、物理的・化学的変化の時代だ。

太陽と太陽系の形成に伴って地球も誕生した。太陽の100分の1くらい質量をもっていた原始惑星系円盤に含まれていたダストが重力的に集積して10kmほどのサイズの微惑星になり、それらの微惑星が衝突合体して原始惑星ができ、原始惑星が10個くらい巨大衝突して合体して原始金星や原始地球ができたと考えられている。さらに、原始地球の固体成分に含まれていたガスや水から、地球の原始大気や原始海洋が形成されたと思われる。また、この過程は一度ではなくて、原始惑星から巨大衝突によって原始地球ができる間、何度もガスが放出されたり部分的な原始海洋の形成が起こったのかもしれない。こうして地球生命のための舞台ができあがった。

【エポック 2】生命の発生

地球誌における2番目の重大事件は、もちろん「生命の発生」である。原核生物が出現したことによって、地球は無生物の惑星から生命の惑星へと変化した。

もっとも、生命の発生については、まだよくわかっていないことが多すぎる。よく言わ

れるのは、炭素や酸素や窒素などを大量に含む原始海洋に、電撃などのエネルギーが作用して、複雑な有機物が形成され、それからアミノ酸やヌクレオチドなど生命の部品ができたというものだ。いわゆる海底熱水噴出孔が発見されて、非常に高温の環境下での有機物の合成もあり得るらしいので、最初の一撃は電撃ではなかったかもしれない。いずれにせよ、何らかのエネルギーによって（生命作用はなくても）複雑な有機物ができれば、そこから生命までの道のりは短かったと思われる。1億年以下、ひよっとしたら数百万年かもっと短かったかもしれないようだ。

【エポック 3】最初の光合成

地球と生命にとって、つぎの重大事件は「最初の光合成生物」の出現だろうか。シアノバクテリアの出現は、地球と生命の相互作用の開始でもある。

最初の生物が生まれてから10億年ぐらい経って、ようやく最初の光合成生物が生まれた（最初の光合成生物が生まれたのは約32億年前らしいが、光合成生物が大量発生したのは約27億年前だとされる）。最初の光合成生物は、一説では、いわゆる「藍藻植物／シアノバクテリア」だとされる。シアノバクテリアは光合成によって有機物を合成する一方で、酸素呼吸によってアルコール発酵よりも遙かに高い効率でエネルギーを得ることができた。地球の各地に残っているストロマトライトやその化石に、シアノバクテリアの痕跡は残されている。

シアノバクテリアの出現によって、いよいよ生命は地球環境へも介入し始める。すなわち酸素に満ちた大気の形成だ。地球と生命の「共進化」のはじまりである。

【エポック 4】酸素分圧の増加

地球（生命）誌で第四の事件は、地球大気

における「酸素分圧の増加」すなわち地球大気が酸素大気に変化したことだ。

地球の原始大気は、二酸化炭素や窒素が主で、メタンやアンモニアも含まれていたが、酸素はなかった。二酸化炭素の大部分は原始海洋に溶けて、炭酸カルシウムとして固定された。もちろん完全になくなってしまったわけではなく、一部は火山活動などで大気中に戻され、現在でも適度な温室効果を保っている。

一方、シアノバクテリアが生まれて以来、彼らは一所懸命に酸素を作ってくれるのだが、しばらくの間は、大気中の酸素分圧はぜんぜん増加していない。というのも、原始海洋には大量の鉄イオンが含まれていて、最初のうちは、放出された酸素はすべて、海水中の鉄と反応し消費されたからだ。シアノバクテリアの酸素は、何億年もの間、せっせと酸化鉄を作っていたのである。現在の縞状鉄鉱床の多くはこのころできたものらしい。海水中の鉄分があらかたなくなってやっと、大気中に酸素が蓄積し始める。およそ20億年前のことだとされる。

酸素大気が形成された結果、上空のオゾン層も形成され、酸素呼吸生物が陸上に進出したのは知っての通りだ。4億年前のころだとされる。

【エポック5】多細胞生物の出現

地球と生命の歴史において、五つ目の大事件として何を選ぶかは難しいところであるが、ここでは「多細胞生物の出現」としておこう。生物の進化にとっては、約4億年前の陸上への進出よりは、むしろ約5億6000万年前の多細胞生物の出現の方が重要かもしれない。

カンブリア紀においては、多細胞生物のさまざまなデザインが試され、そして大部分が棄てられた。いわゆるカンブリアン・イクスプロージョン（カンブリア紀の生物種の爆発

的発生）である。三葉虫の捕食者でエビのような触手と円盤のような口をもったアノマロカリス、2列のトゲトゲをもち上下がややこしいハルキゲニア、五つ目と象の鼻のような口をもったオパビニア、そして脊椎動物の祖先だったかもしれないピカイアなどなど、NHKスペシャルなどで観たことのある人は多いだろう。当時は現在に比べ、はるかに多種多様な多細胞生物が闊歩していたのだが、大部分の種は現在まで生き残ることなく、進化の舞台から消えてしまった。

生命の進化の歴史では、他にも、コラーゲン生成による生物の大型化や、ミトコンドリアや葉緑体の細胞内共生、生物種の大量絶滅など、面白い話題が満載だが、まあこれぐらいにしておこう。

以上、連載の構想案を述べたが、何回かかかる予定なので、

- ・こういう話が知りたい
- ・この問題のここがわからない
- ・具体的な式はどうだ

そんな質問があったら、筆者までメールをいただければありがたい。上の五大事件に関係が深くて、かつぼくが理解可能な問題で、さらに執筆に間に合えば、説明できるかもしれません（保証の限りではないですが…）。

福江 純（大阪教育大学）