

第7章 宇宙論

長い間、20世紀以前の世界における西欧的（そしてそれはキリスト教的）世界観では、絶対者（神）の存在を常に仮定していた。このため、最終的なレベルでは全ては決定されるべきであるとする「決定論的な世界観」が主流であった。この考え方は古典力学とは矛盾していない。それは力学による軌道は、もし厳密に（神のように）解ければすべての事象は時間の関数として決定されることになっていて決定論的な概念と一致しているからである。

しかし残念ながら、古典力学は近似の方程式であり、厳密に正しいという方程式ではない。これは決定論的な世界観の破綻を意味している。現実の物理法則は確率的であり、生物の進化自体も多分に確率的な意味合いが強いものである。その意味においても、進化論的な世界観が現実的であり、今後の方向を指し示している。

7.1 これまでの宇宙論

宇宙論を展開しようとする時、素粒子の振る舞いを記述している場の量子論に対する正確で深い理解が要求されることになる。それは星などを形成している物質は基本的に素粒子であり、従ってその間の基本的な相互作用を正確に理解していることが最低条件となっている。この場合、量子電磁力学、強い相互作用、弱い相互作用そして重力が基本的な相互作用である。これらすべてが重要であることは明らかであるが、星や銀河の形成に関しては重力がとくに重要であることは言うまでもないことである。ところが、この最も重要な重力の相互作用がこれまで正確には理解されていなかったのである。この主な原因が一般相対論にあることは明らかであろう。この一般相対論という奇妙な理論に対して、アインシュタイン本人が重力の理論であると主張したため、その後の大半の物理屋は一般相対論が重力を記述していると思いついてしまったのであろう。しかしながら、一般相対論は計量テンソルに対する方程式であり、重力場に対する方程式ではない。彼は計量テンソルの時間成分 g^{00} に対して

$g^{00} \simeq 1 + 2\phi_g$ と仮定してこの ϕ_g が重力場であるとしている．ところがこの方程式では，何故，計量テンソルの時間成分 g^{00} に対して，このようにおけるのかと言う物理的な理由がどこにもない．さらに後で議論するように，この式は物理的に無意味な式であることが証明されている．従って現在，これまでの宇宙論の修正が余儀なくされる状況になっているのである．

7.1.1 天地創造とビッグバン模型

旧約聖書には天地創造の話が出てくるが，それは天地は神が創造したということが西欧における宗教の出発点になっているからであろう．ここではその詳しい話をする必要はないが，この天地創造の考え方がやはりビッグバン模型の出発点になっていることは注目すべき点である．ビッグバン模型が科学の世界において割合簡単に受け入れられてしまった事実は，どう見ても，この西欧における宗教的な思想と無関係ではないと考えられる．

物語として，無から天地が創造されるのは神がいれば不思議な事ではないかも知れない．しかし，自然現象と捉えたら，これは不思議以上の事で，到底，物理学としては受け入れる事が出来ない現象である．ところがビッグバン模型が物理学で人々に受け入れられてしまったのである．この模型は最初，ガモフがおもちゃの模型として提唱したものであるが，背景輻射の存在が実験的に観測されてから一気に現実的な模型として議論されてしまったのである．さらにそれに加えて，一般相対論がそのビッグバン模型と合体したため，この上なく奇妙でわかりにくい理論体系が出現してしまったものである．一般相対論では空間が膨張するという言い方をされていて，これによりこの膨張宇宙の現象を理解できるのだと主張している．ところが，それではその時に「銀河も一緒に空間にくっついて膨張したのか？」という質問に対して専門家は誰も答えようとしなかったのである．それどころか，このような基本的な疑問さえも議論された形跡がないのであるが，これは到底，科学的とは言えないレベルの理論模型なのである．

さらに言えば，宇宙の背景輻射がビッグバン模型の重要な証拠として受け入れられてきているが，宇宙における星の密度分布は非常に希薄であり，この状態で，何故，フォトンが熱平衡のような状態として残り得るかという問題が検証されていない．しかも，フォトン-フォトン相互作用は理論的にも実験的にも存在が確認されてはいないし，存在したとしても極めて弱い相互作用であろうと考えられている．この事を考慮すれば，現在の宇宙において，背景輻射のフォトンが 2.7K の温度を持っている事実は，フォトンがこの 150 億光年の

宇宙空間に何か異常な形で閉じ込められているとでもしない限り、到底、理解出来る事ではない。この背景輻射の問題は新しい宇宙論では重要な役割を担うことになるので、記憶しておいて欲しい。

7.1.2 一般相対論による宇宙論

これまで、様々な宇宙模型が提案されている。これらをきちんと科学的に解説することは著者ができることではない。特に、20世紀以前の宇宙論は階層構造を主力とした宇宙論が様々な形で提案されているが、その解説は科学史家がすでに行っている事でもあろう。

- 一般相対論による宇宙論： ここでは一般相対論による宇宙論について簡単な解説を行うが、これは主としてこの半世紀間に議論された宇宙論と言うことになる。一般相対論は質量分布が存在するとそれに応じて時空の計量の変更を受けると言うものである。時空の計量が変わると何故、宇宙論を議論できるのかと言う基本的な問いかけはこれまでほとんどされていなく、誰かが「空間の膨張解」と主張すれば、それはそういうものだと言われ受け入れられてきたのであろう。
- 宇宙の創生と膨張： 一般相対論による宇宙論の出発点は「点からの宇宙の創生」にある。ある時点でこの宇宙が点から作られたと仮定することから始まっている。何故、点から出発する必要があったのかという問題は明らかであらう。もし、有限のサイズから宇宙が膨張したとすると、そこには固有の定数スケールが存在することになってしまい、考えている模型が破綻してしまうからである。
- 宇宙創生のシナリオ： そしてこの宇宙創成のシナリオはビッグバン模型に従っている。但し、一般相対論は時空の計量についての方程式であるため、星や銀河の形成などには無力である。この宇宙論で最も重要な点は、宇宙創成と同時に空間が膨張したとする方程式の解である。しかしながら、その解として人々が解説する「空間の膨張」という物理的な意味がどのように想像しても良くわからない。アインシュタイン方程式の中には対応する定数スケールが存在しないのである。従って、膨張と言われても、それが「点」と比べてどのように大きくなったのかという測定スケールがわからない。現実には、「点」に何を掛けてもやはり点であり、膨張という意味が不明である。

7.1.3 宇宙の膨張

宇宙が点から膨張したというビッグバン模型の提唱者達の主張は、物理的には実際は沢山の銀河が全体として膨張しているというものである。しかしこれは空間の膨張ではない。それ以上に科学的に言って、空間が膨張するという物理的な意味が理解できない。これまで人々は、その空間の膨張を何故わかったと思ひ込むことができたのであろうか？実際、ビッグバン模型で宇宙が膨張したと言う事と銀河が膨張したことを同じ現象として捉えているが、その場合の専門家達は銀河が空間にくっついて膨張したと考えているのであろう。宇宙の膨張において空間と銀河が同時に膨張したという考え方は科学ではない。これは読者や著者のみならず、物理の専門家もしっかり考えるべき問題である。

- 銀河の膨張： この宇宙の膨張シナリオで、一般相対論は空間の膨張に関して主張したのであるが、この場合の宇宙論では銀河もその空間膨張と一緒に膨張したと仮定されている。ビッグバンの初期の状態で膨張したのは素粒子であると仮定されているのだが、それがいずれ星や銀河に成長して行くと考えたのがビッグバン宇宙論による銀河形成のシナリオである。但し、この場合、すでに粒子-反粒子の世界から粒子だけの世界になったとした結果である。この仮定は、現在、陽子崩壊が起こらないことが実験で確認されているため、物理的には正当化できないことが証明されている。

しかし、ともかくこの粒子だけの世界になったとして、それが銀河を形成するためには何らかの異方性が必要である。ビッグバンでは点から創生されたため、完全な対称性があり、銀河ができるためには何らかの「核」になる要素が必要であったのである。しかしながら、それを見つけることはできず、さらに統計的なゆらぎでは到底、銀河形成は不可能であることが知られていたため、この銀河形成がビッグバン模型の最大の欠陥であると考えられてきたし、現在もその謎は解けていない。

- 物理学と宇宙論： これだけ多くの問題点を抱えていたのににもかかわらず、それでもビッグバン宇宙論が支持されてきたのは物理学の立場からしたら異常であり不思議でもある。それはすなわち、宇宙論が物理学(科学)になっていなかったと言うことであろう。それぞれの議論を追ってゆくと、一般相対論に根差した宇宙論はどう見ても科学的ではなく、完全にSF的(scientific fiction)である。だからこそ、多くの人々が興味を持ちまたその議論に加わったのであろう。宇宙論の議論には重力理論が本質的である。このため、重力場の理論体系をきちんと理解できない限り宇宙論の議論は不可能である。現実問題として、重力場の理論が発見されたのはごく最近の話である。さらに、残念ながら一般

相対論は重力理論ではなく、座標系に対する方程式 (理論体系) である。実際、一般相対論は重力の相互作用に関して、それが引力である事さえも証明できないものである。しかしながら、重力理論は一般相対論だけであるという思い込みが物理学者の間に蔓延していたため、この奇妙な理論がそのままずるずると生きてきたということであろう。ただし、一般相対論が重力理論であると主張したのはアインシュタイン本人であり、必ずしもその後の物理学者の問題とは言い切れないと思う。いずれにしても、この半世紀間の宇宙論はほとんど進展はなく、これら多くの重大な課題を抱えたまま現在に至っている。

7.1.4 一般相対論と重力理論の関係

この節は第5章の記述と重なっているが重要なので繰り返して書いておこう。一般相対論がこれまで信じられてきた主な理由はアインシュタイン方程式から重力場のポアソン型方程式

$$\nabla^2 \phi_g(\mathbf{r}) = 4\pi G_0 \rho(\mathbf{r}) \quad (7.1)$$

が導出されると考えられていたからである。ところがこの導出を証明することは実は不可能である。それは、その証明には物理的に正当化できない方程式が仮定されているからである。その式とは

$$g^{00}(x) \simeq 1 + 2\phi_g \quad (7.2)$$

である。こうすると確かに重力ポアソン型方程式が導出されることが簡単に確かめられる。

- 力学変数と座標系： ところが、この仮定の式 (7.2) は物理的に無意味である事がすぐにわかる。それは、計量テンソルは座標系であるのに対して、重力場 ϕ_g は力学変数である事に依っている。この場 ϕ_g は無次元ではあるが、しかし空間と時間は異なっているため単位系としては別の物理量となっているからである。実際、この ϕ_g の単位は $[\text{m} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}]$ となっていて、これに数字の 1 を足すことはできない。これは異なるカテゴリーを足し算しているため、どのように頑張っても物理学の式として承認することには無理がある。

- カテゴリー違いの足し算： 問題となっている式 (7.2) について、もう少し詳しく具体的な例題をあげながら見て行こう。今 $g^{00}(x)$ を $g^{00}(x) \simeq 1 + v$ として、 v は何かの速度としてみよう。この場合、 v は無次元量ではあるが力学変数であり、具体的には $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$ の単位で表されている。従って「1」は単な

る数字であり、これに速度を足し算することはできない。

- 致命的な欠陥： 繰り返すが $g^{00}(x)$ の右辺の 1 は座標系の単なる数字であり、 ϕ_g は力学変数である。よってこの足し算は成立しない。これは時間と空間の次元は同じであるが、単位は異なる事実を誤解した事から生じた間違いである。しかしこの式 $g^{00}(x) \simeq 1 + 2\phi_g$ を認めたため、一般相対論が重力理論であると人々は思い込んできたことは事実である。

7.1.5 今後の重力理論

上記に見たように、一般相対論が重力理論と無関係であることが証明されている。幸い、新しい重力理論がこれまでの重力関係のすべての観測結果を矛盾なく説明していることがわかっている。

- 慣性質量と重力質量の等価性： とくに、第6章で解説したように、新しい重力理論により慣性質量と重力質量の等価性が自然な形で証明されている。歴史的に見ても、この等価性の証明の事実は非常に重要であることがわかる。
- 正しい重力場ポアソン型方程式： 重力場のポアソン型方程式 (7.1) の右辺には結合定数の2乗である G_0 が現れている。しかしこれだと重力が相互作用として記述はできてはいないことを示している。相互作用であるならば必ず、 $G_0 = \frac{g^2}{4\pi}$ とした時に、この g がポアソン型方程式の右辺に出てくる必要がある。相互作用する2個の質点の両方から結合定数 g が出てくるからである。実際、新しい重力理論により求められたポアソン型方程式 (6.7) の場合、確かに g が右辺に現れていて相互作用であることを明確に表している。

7.2 新しい宇宙論

現在までに、自然界を記述するべく基本的な相互作用の理論形式が事実上、量子場の理論として完成されたと考えてよい。この理論体系は4個の相互作用から成り立っており、それらは量子電磁力学、弱い相互作用、強い相互作用そして重力相互作用である、このことより、この新しい場の理論モデルを基礎とした宇宙論を展開することが初めて可能になっている。特に、これまで場の理論としての重力理論がなかったため、銀河形成にしてもそれ以上の宇宙全体のスケールの議論が困難であったが、現在はそれが可能となっている。

ここで展開している宇宙論のシナリオは現代場の理論に基礎をおいている。これはまだまだ荒っぽさの残るものではあるが、しかし本質的な点では正しいものとなっている。最も重要な出発点は、この宇宙における基本的構成要素である素粒子(陽子と電子)の寿命が無限大であるという実験事実である。これがビッグバン模型との本質的な違いであり、このことは宇宙の存在が無限に遠い過去からのものであることを示している。すなわち、この宇宙がある時、何処かで突然創生されたなどと言うことはあり得ないものである。

7.2.1 安定な素粒子と無限の過去

前述したように、新しい宇宙論において最も重要な出発点は構成要素である素粒子(陽子と電子)が安定であるということである。これは実験的にも確立されており、従って、無限の過去からこれらの構成要素は存在していたことになっている。このことが新しい宇宙論を考える上で最も重要な点である。しかしながら、我々は「無限の過去」ということが理解できるわけではない。これはあくまでもそのように仮定せざるを得ないということである。この宇宙はどのような形で無限の過去から存在していたということからすべての宇宙論は始める必要がある。「無限の過去」という事実は理解を超えているが、しかしこのことにより宇宙論を初めて科学的に展開できるものとなっている。

- 有限宇宙の導入： 今後、宇宙全体は無限であるとする宇宙論を議論してゆくため、我々のこの宇宙の事を「有限宇宙」と呼ぶことにしよう。この有限宇宙には数千億個の銀河系が存在しているものと考えられているが、その数自体に特に意味があるわけではない。大切なことは、この有限宇宙が全宇宙には無限個あるということである。

7.2.2 有限宇宙の大きさと力学方程式

これまで人々はこの有限宇宙の大きさをハッブルの法則 ($v = Hd$) から決めている。その場合、有限宇宙の大きさ d はハッブルの法則において v が最大になるとき、すなわち $v = c$ の時が最大の時であり、これがこの有限宇宙の大きさを示していると仮定されている。従って、 $d \simeq \frac{c}{H} \simeq 135$ 億光年 と求められていて、これがこの有限宇宙の大きさであると言われている。しかしこれはあまりにも単純すぎる計算である。実際問題としては、有限宇宙が爆発し、それに応じて銀河が膨張して行く動力学をきちんと解く必要がある。しかしながら第0次近似での評価としては、この値を受け入れても良い可能性はある。

• 有限宇宙の力学方程式： この有限宇宙の大雑把な大きさを決定するには、有限宇宙の力学方程式を設定することであろう。最も単純化したモデルとして、この有限宇宙全体が爆発したところから始める計算を試みよう。この有限宇宙全体の質量を M_U としてそこから飛び出して行く星の質量を m_s としよう。銀河の衝突のところで議論したように、この場合も1次元のニュートン方程式となる。今の場合、脱出しようとしている星に対するニュートン方程式は

$$m_s \ddot{x} = -\frac{Gm_s M_U}{x^2} \quad (7.3)$$

となっている。これよりエネルギー保存則 $E = \frac{1}{2}m_s \dot{x}^2 - \frac{Gm_s M_U}{x}$ が求まる。大雑把な有限宇宙の大きさはこのダイナミクスより求められると考えてよい。ただし、初期値をどのように選んだらよいかと言う問題は任意性が大きくて、簡単ではないであろう。最終的には有限宇宙ファイアボールの動力学を解く必要があるものと思われる。星が有限宇宙ファイアボールから脱出する速度を v_0 としよう。この時のファイアボールの半径を R_f とすると $E = \frac{1}{2}m_s v_0^2 - \frac{Gm_s M_U}{R_f}$ となっている。ここで、初期条件をどうとるかが非常に難しい問題であるが、 v_0 は光速に近いものと考えられる。そのため、エネルギー保存則における運動エネルギーを修正する必要がある。相対性理論だとエネルギー保存則の式は $E = \frac{m_s c^2}{\sqrt{1 - \frac{v_0^2}{c^2}}} - m_s c^2 - \frac{Gm_s M_U}{R_f}$ と修正される。但し、さらに厳密に行うとニュートン方程式を相対論的に書き直した式(半澤 藤田の式)を用いる必要があるが、これは今後の課題としよう。

7.3 無限宇宙の模型

宇宙模型として宇宙には限りがないという「無限大の宇宙模型」を考えて行くとき、その基礎となる観測事実はいくつかある。そのうち、構成粒子である陽子と電子の安定性が最も重要である。また「宇宙の背景輻射」も重要な観測事実であると言える。これらの観測事実を基にすると、宇宙が無限大であると言うことを出発点にすることが最も科学的であることがわかる。

7.3.1 有限宇宙の爆発 (宇宙ファイアボール)

この我々の宇宙 (有限宇宙) が百数十億年以上前に爆発したと仮定することは、恐らく、科学的に言っても十分に道理にかなっていると考えられる。但しこの百数十億年という数値自体にあまり意味はない。この爆発の仮定は有限宇宙の膨張 (銀河の膨張) という観測事実と関係している。沢山の銀河を観測するとそれらが互いに膨張していることがわかっている。この有限宇宙においてはそれぞれの銀河が互いに遠ざかっている証拠でもある。しかしながら、沢山の銀河がどのように膨張して行くかと言う動力学はハッブルの法則からでは良くわからない。さらに付け加えると、遠くの銀河がより高速で遠ざかっていると言う事実は、遠くの銀河ほど昔の状態の銀河を見ている事になっていることも考慮する必要がある。それは遠くの銀河から届く光はそれだけ時間が掛かっているからである。これは遠くの銀河は爆発の初期の段階を示していることに対応している。すなわち、宇宙ファイアボールの初期段階の銀河は高速で膨張していることを意味している。

- 有限宇宙の膨張の停止： この銀河群の膨張はいずれは必ず重力による引力により停止する事になる。そしてこれらの銀河は次第に融合してゆく。それが大雑把に何時ごろであるかは、ある程度は計算出来ると思うが、あまり興味が湧く事でもない。しかしながら、膨張が止まった段階で、沢山の銀河は少しずつ融合しながら、より大きな銀河団を作って行く事であろう。そしてそれを繰り返す事により、最終的には、2個か3個の大銀河団になって行き、それらが最後の衝突を起こす事になるであろう。
- 宇宙ファイアボール： その最終的な衝突で作られた物を「宇宙ファイアボール」と呼ぶ事にしよう。この宇宙ファイアボールの状態は非常に熱いものになっている事と考えられ、それは恐らくはこれまで考えられて来たビッグバンの状態の内バリオンと電子の世界になった状態に似ているものと考えられ

よう。従って、この場合は最初にヘリウムまでは作られるであろうが、その後はやはり急速に冷えて行き、重い原子核の生成はこの宇宙ファイアボールの段階では、作り難いものであると考えても矛盾は無いものと思われる。

7.3.2 前有限宇宙の残骸

この新しい宇宙論によると、銀河と有限宇宙の形成は繰り返す事になる。この有限宇宙の形成は約150億年程の昔に大方作られたものと考えられているが、それではその前の有限宇宙はどうであったのであろうか？恐らくは、今の有限宇宙の様に沢山の銀河が融合して宇宙ファイアボールになったと考えられるが、何か、その爆発の「残骸」に対応するものがあれば、よりわかり易いと思われる。

●有限宇宙爆発の残骸： その残骸に対応するものとして考えられるものは、やはり銀河の大構造であろう。この銀河の大構造に関する詳しい内容は、宇宙物理学の専門書を参照していただく事にしたいが、銀河団の空間的分布がある所でかなり偏っているという事である。それはまるで壁を作っている様に並んで見える場合が観測されているのである。これは、最終段階の銀河団の衝突の仕方と密接に関係しているものと思われる。

7.3.3 銀河の融合と有限宇宙の爆発

それではこの有限宇宙の膨張はどうなって行くのであろうか？ハッブルの法則で見たように、遠くの銀河の速度が速いことはその銀河の昔の状態を見ていることになっている。すなわち、昔の状態ほど銀河の膨張速度が大きいと言う事は、逆に言えばその後、膨張速度は弱まっていることを示している。銀河はその後、それぞれが次第に融合して行くことになるであろう。それがどのように融合するのかと言う問題は多体問題であり、極めて難しいものである。

すべての銀河がいずれ融合して行くことは、現在の重力理論を含む場の理論からしたら明らかなことである。しかしその融合がどのような形で全体の爆発に至るのかという動力学を解く事は非常に難しいものと思われる。実際問題として、その融合・爆発を星のレベルで取り扱うか、銀河のレベルでよいのか、それとも、粒子描像まで下がって扱う必要があるのか、この辺の問題から解決して行く必要がある。いずれにしても、この「宇宙ファイアボール」の形成の議論に関しては、今後の研究に期待しよう。

7.3.4 無限の過去・未来と無限の空間

この新しい宇宙論の描像によれば、無限に遠い過去から無限に遠い未来まで同じ事（銀河と有限宇宙の生成）を繰り返してきたし、また将来も繰り返す事になる。それでは、無限の過去・未来とは一体何なのであろうか？これこそは、確かに永遠の課題であろう。しかし、はっきりしている事は、人間は有限量しか理解出来ないのである。無限と言葉で言っても、実際は何もわかっていない訳ではない。数学者に言わせれば、人間は所詮数える事しか出来ないのであるという事になる。そして、脳科学者に言わせれば、人間の脳はせいぜい1兆個の脳細胞により思考しているから、無限の過去・未来を理解する事は不可能であるという事になる。

さらに言えば、空間的にも宇宙は無限であるとしても、なんら矛盾が無い。これまでは、宇宙が無限であるとしたら Olbers のパラドックにより、星の光を全て足すと必ず無限大の光になってしまうから、宇宙が無限では困ると言う事が考えられてきた。この事も人々がビッグバン宇宙論を支持する一つの根拠でもあった。しかしながら、Olbers のパラドックには基本的な仮定として、星が常に一様に分布しているという事がある。この新しい宇宙論の場合、明らかに一つの宇宙がほとんど閉じた形で成立しており、一様性の仮定が成り立っていない。さらに、光が重力と散乱する事より、必ずしも全ての光が遠方まで届くわけではない。さらに言えば光速は有限速度であり無限の彼方から光が届くには無限の時間が掛かることになっている。従って、この我々の有限宇宙と同じ様なレベルの有限宇宙が他に無限個あったとしても、別に驚く事ではない。ただ、残念ながら我々にはそれ以上理解できないし、また他の有限宇宙との相互作用もほとんどゼロに近いであろうから、物理学の対象にはならない事も確かである。それ以上に、人間には無限の空間と言う事を理解する事が出来ない。どんなに想像したとしても、それは所詮有限の空間なのである。

7.3.5 新しい宇宙像

これまで見てきたように新しい宇宙像とは、沢山の銀河が形成され全体が膨張し続けて行き、その膨張エネルギーを使い果たしたある段階から今度は収縮に転じて行き、いずれはまた宇宙ファイアボールになり、爆発して膨張するという現象を繰り返して行くという描像である。

- 有限宇宙の中心： この場合、この有限宇宙に中心はあるのであろうかと言う疑問を持つのは至極当然である。惑星系も銀河系も全てその中心に重い星

が存在しているからである。しかしながら、銀河全体を見るに及び、これはむしろ原子核の多体系に近いのであろうと想像できる。原子核の場合、それは陽子と中性子によって作られている。ところがこの物体には中心となるものが存在していない。それぞれの核子が平等の役割を果たして、原子系のように、その中心に原子核があるという系ではない。今の場合、一つの核子からすると、その原子核の中心が何処であるかという設問に対しては答える事は出来ない。但し、その原子核全体を見渡す事が出来れば、その中心が大雑把には何処にあるかが、平均値としてわかる。この有限宇宙全体の中心の問題もこれに極めて近いものであると考えられる。平均したら、この有限宇宙の中心がどのあたりにあるのかはもし有限宇宙全体を見渡す事が出来たら、大雑把には議論出来る可能性はある。しかし、有限宇宙の一部に存在する観測者からこの有限宇宙の中心を探る事は原理的に不可能である。

7.3.6 宇宙の無限性と背景輻射

この我々の有限宇宙には 2.7 K の背景輻射が存在している。宇宙にこの低エネルギーの光子が一様に分布し存在しているとするとこれはかなりのエネルギーになっている。大雑把に言って、すべての物質が持っている宇宙の重力ポテンシャルエネルギーの数%にはなっているものと考えられている。この事自体は別に問題ないが、問題は光子が我々の宇宙からその外へエネルギーを持ち去っているという事実である。これがたとえ重力ポテンシャルの数%でも、爆発を繰り返している限り、いつかはすべての重力ポテンシャルエネルギーを持ち去ってしまう事は明らかである。

この現象を解釈する模型として大雑把に言って次のことが考えられる。それは、我々の有限宇宙と同様な有限宇宙が無限にあると言うものである。この場合、どの宇宙も爆発と収縮を繰り返し、その度にこの 2.7 K の背景輻射を放出すると言う事は同じである。しかしこの場合、2.7 K の背景輻射は宇宙全体に存在するべきものであり、その温度の多少のずれはあるにせよ、基本的には、この電磁波の海の上に我々の宇宙が存在していると言う事になる。この模型の場合、2.7 K の背景輻射を理解する事はそれ程難しくはなくなっている。

7.3.7 無限宇宙 (Mugen Universe)

宇宙全体を考える時に、我々と同じレベルの有限宇宙が無数個あるべきであるという事が理論的に結論される事が分かる。これは物理とは言えないが、少し解説する事にしよう。まず、最初に、宇宙の階層構造を定義しておこう。それは大雑把に以下のように定義するのが合理的であろう。

$$10^{57} \times \text{protons} \Rightarrow \text{star} \quad : \quad 10^{12} \times \text{stars} \Rightarrow \text{galaxy} \quad :$$

$$10^{12} \times \text{galaxies} \Rightarrow \text{universe} \quad : \quad \infty \times \text{universe} \Rightarrow \text{mugen - universe.}$$

- 一個の有限宇宙の問題点： この有限宇宙が無数の過去から存在したと言う仮定は、至極、合理的である。逆にもし途中で作られたとしたら、どのように作られ、またその元のエネルギーは何であるのかなど、説明がつかない事であふれてしまうのである。従って、無限の過去から現在の我々の宇宙が存在していたと言う事は、現在の物理学においては間違いない事である。この場合、宇宙ファイアボールの生成を無限回繰り返してきた事も事実と考えてよい。しかし、そうだとすると問題が生じるのである。それは1回の宇宙ファイアボールにおいて、有限のエネルギーがフォトンとニュートリノによって我々の宇宙の外に放出されている。それがたとえ小さな量でも、無限回行なっている限り、我々の宇宙の重力エネルギーは既に無くなっているはずであり、理論的に矛盾してしまう事になる。これを回避するためには、どうしても我々と同じレベルの宇宙が無数個存在していないと困る事になっている。

7.3.8 無限個の銀河の宇宙

宇宙全体には我々の宇宙と同じレベルの宇宙が無数個存在しているという仮定の場合 (Mugen-universe)、フォトンとニュートリノによってエネルギーが失われても問題にならない。それは明らかで、他の宇宙から結局同じレベルのフォトンとニュートリノエネルギーが供給されるからである。従って、この場合、重力エネルギーの問題は解決される。また宇宙の背景放射の原因はこの無限宇宙から来る放射であると考えられるため放射が熱平衡状態であると言う事実も理解されている。

- 無限宇宙の重力安定性： しかしこの時、その無限宇宙は何故、重力的に安定であるのかが問題になるが、これは無限系を考えると解決される事であ

る．今，簡単のために1次元系を考えよう．無限空間を円で表して，後で半径を無限大にすればよい．この時，今，我々の宇宙がある一点に存在するとしよう．この場合，その右方全体の宇宙から引力を受ける事になる．所が，同じように左方全体の宇宙からも引力を受ける事になっている．円を考える限り，これは両者ともに同じ重力になり，即ち，つり合う事になり，安定である事がわかる．これは勿論，まだお話レベルであるが，しかし，理論内の整合性は常にしっかり考えておく必要がある事は間違いない．

7.4 隣の有限宇宙 β の観測は可能か？

我々の宇宙のことを有限宇宙 α と呼ぼう。この有限宇宙 α の大きさが百数十億光年で、そこには1千億個程度の銀河系が存在していると言うものである。これは実際、観測から得られているものである。そして有限宇宙 α の近くにある他の有限宇宙を有限宇宙 β と呼ぼう。恐らくはこの有限宇宙 β も同じような大きさと1千億個程度の銀河系から成り立っているものと考えられる。それではこの時、有限宇宙 β の光を我々は観測することは可能なのであろうか？

7.4.1 光の Red shifts はない？

我々のような有限宇宙が無数個あると言う無限宇宙論において、恐らくは近くにある有限宇宙 β は我々の有限宇宙 α から遠ざかっているわけではなく、また近づいているわけでもないと考えられる。すなわち、比較的定常的な宇宙になっているのであろう。この場合、近くの有限宇宙 β からの光は Red shifts も Blue shifts もないことになっている。これでは例え有限宇宙 β からの微弱な光を観測したとしても、その光から何かを引き出すことは非常に難しいと言える。

7.4.2 強い Blue shifts の光は？

しかしながら我々の有限宇宙 α からの光はすべて Red shifts であることがわかっているので、もし強い Blue shifts の光を観測したらこれは有限宇宙 β からの可能性が出てくる。それは、たまたま有限宇宙 β が宇宙ファイアボールの状態にあった時は、その光が強い Blue shifts の光として観測されるからである。このような偶然が起こっているとは勿論、考え難いものだが、しかしその可能性が有限である限り、調べる価値はあると思われる。