

以下はおよそ 10 年前に東京で開かれた多面体フォーラムで話した物語である。そのころ書いたメモが残っており、このたびそれを空想数学小説として簡単にまとめてみた。なにぶんかなり過去の内容を観測する作業だったため赤方偏移が著しいかもしれない。

Mathematical Fiction
空想数学小説

ジャガイモ宇宙の大航海時代

宇宙は意外にチビで、年寄りだった。星の数もそれほど多くはなかった。

MF 作家 日詰 明男

プロローグ

海辺にて

足下に打ち寄せる波
次にどれほど大きな波がくるのか予想できそうで出来ぬ
不思議なパターン。
開放弦としての波打ちぎわ。
ひとまとまりの波に見えるものの上にも、大小の小波が
干渉し合っている。
地震、音、光、重力などの波ならば発振源が一点存在す
るものだが、この海の魅力的なリズムの震源はどこにあ
るのか。
海の波は主に地球の自転や公転運動によるものである。
そこに月が介入し攪乱する。さらに海は巨視的に球面を
なして 3 次元的に閉じているから話はさらに複雑である。
要するに海の波に震源たる中心はない。言い換えれば至
る所が中心である。
極端な譬えを許してもらえば、今足下で砕けた波は、
いわば全世界の海岸に打ち寄せる波が干渉し合った帰結
である。
そして今足下で砕けた波の情報は、ただちに全世界の海
岸へ向けて発信され、影響を与える。それはどんなに微
弱であっても永遠に影響し続ける。
だからここから発した波の情報の反響は、いつかは必ず
何らかの形で帰ってくる。
つまり今足下で砕けた波は、遠い過去に亘ってその場所
で無限回打ち寄せた波の帰結である。
それは私たちが解きほぐしようもないほど微弱な信号で
あるけれども。

ハッブルの膨張宇宙

20 世紀前半、ハッブルは、私たちの宇宙が一様に膨張
していることを発見した。
その後の天文学者の観測は、私たちから約 150 億光年
離れた地点の後退速度は光速(秒速約 30 万キロ)に達する
ことを示すものだった。
光速以上の速度で後退する領域の情報は我々の元には
到達し得ないとされ、これは「事象の地平」と呼ばれた。
天文学者はその「事象の地平」が常に光速で後退する
ものと仮定し、150 億年前に遡れば、事象の地平は一点

に収斂すると考えた。これが宇宙史の特異点「ビッグバン」である。

- 命題 1 事象の地平線は現在 150 億光年先である。
- 命題 2 事象の地平線は光速で後退している
- 命題 3 150 億光年前には事象の地平線は一点に収束
していた

150 億光年離れた地点の後退速度が光速に達している
ことは正しい。宇宙は一様に等方的に膨張していること
は正しい。

だが命題 3 に関しては、いかなる論拠も提出されては
いない。現在地平線とされている 150 億光年先の地点が、
今までずっと光速で後退していたとは限らないのである。

ここに 3 つの可能性がある。

- a 宇宙の膨張率は減少傾向にある。(膨張加速度 -)
- b 宇宙の膨張率は一定である。(膨張加速度 0)
- c 宇宙の膨張率は増加傾向にある。(膨張加速度 +)

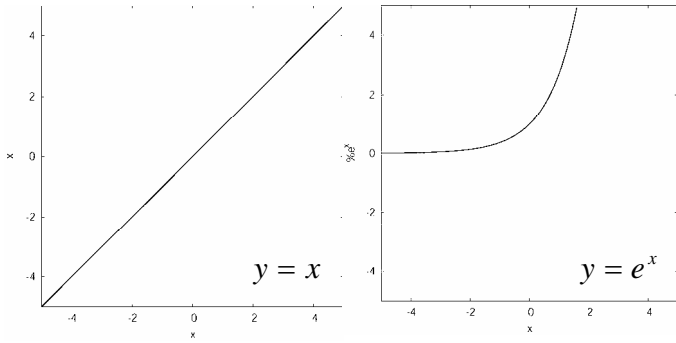
これらのうちどれが宇宙の現実なのか簡単に判断でき
ないはずだが、ビッグバン宇宙論はアприオリに a を採
用している。ビッグバンの瞬間は膨張率が無限大となる
「特異点」に他ならず、なかなか厄介な代物を導入した
ものである。

ここには常に「始まり」を置かなければ安心できない
西洋型知性の癖が露呈していると言えないだろうか？

大抵の西洋音楽作品には絵画の額縁のような「始まり」と「終わり」がある。だが始まりも終わりも無い音楽は世界にいくらでも存在するのである。

閑話休題。私は a, b, c 全ての可能性がありうると思
うが、仮に a だとしても、少し考えれば「事象の地平ま
での距離」と「宇宙の年齢」がぴったり一致することは
およそありえないことに思える。

ビッグバン宇宙論の発想の基本となる方程式は $y = x$
であろう。宇宙は原点を通る直線にしたがって単調増加
の膨張をしているという考えである。ここに y は宇宙の
半径、 x は時間である。 $y = x = 0$ の瞬間がビッグバ
ンである。 $x < 0$ に関しては誰も知らない。



可能性 b 「膨張率一定」を採用すれば、ビッグバンを必要としない、シンプルでなめらかな膨張宇宙モデルを作ることができる。

その場合、私たちは複利計算でおなじみの方程式 $y = e^x$ を使うことになるだろう。

以下はそのような前提で繰り広げられるマセマティカル・フィクションである。

ビッグバン説のパラドクス

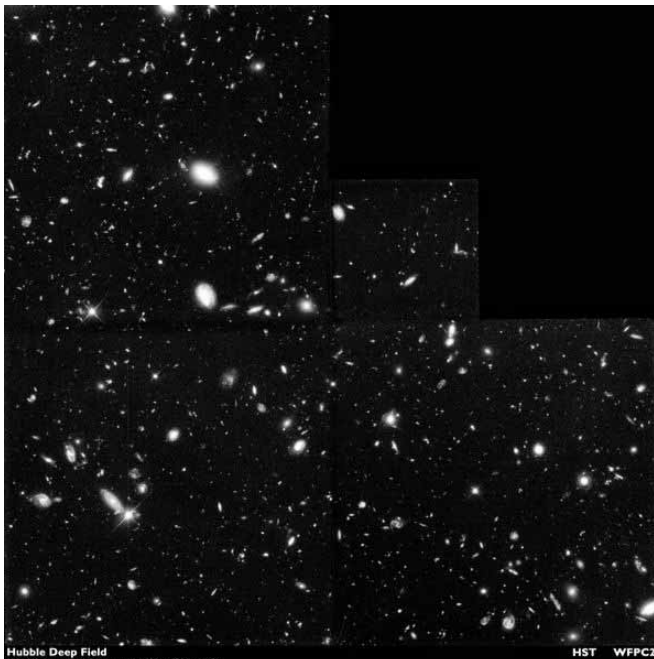
ビッグバンを起点とする単調増加の宇宙論は多くのパラドクスをはらみ、宇宙物理学者を悩ませた。矛盾を取り繕うためにさまざまな装飾的技巧が試みられた。プトレマイオスの宇宙論がそうだったように、一度受容された「理論」はまるで死を恐れる生物のように、否定されることを恐れ、むやみに複雑化へと向かうものである。

そもそもハッブルの法則に支えられたビッグバン宇宙論ではあったが、その磐石と思われた宇宙論が遭遇した最大のパラドクスは、奇しくも 20 世紀末に米国によって打ち上げられた同名の「ハッブル宇宙望遠鏡」によってもたらされた。

ハッブル宇宙望遠鏡は実に驚くべき映像と事実を地上に送ってきたのである。

それは、星の分布が最も希薄とされていた視野に向けて長時間観測を行ったものだった。

そこには無数の銀河がひしめき合っていた！



さらに、その中の一つの銀河が 120 億光年彼方において、しかし 100 億歳と思われる成長段階であることが明らかとなった。つまり従来の宇宙論では宇宙開闢（ビッグバン）以後わずか 30 億年で 100 億歳の銀河が存在したことになり、これはビッグバン説を根底から揺るがすパラドクスであった・・・はずである。

さぞや世界は騒然とすると思いきや、意外にも、さほど深刻には受けとめられず、殆どの科学者は淡々と理論のマイナー・チェンジに励むばかりだった。

権威ある科学者たちは、宇宙の年齢算出法の修正など、パラドクスを解消すべくさまざまな技巧を試み、数式を弄び、正統派の宇宙論はとめどなく複雑なものへと肥大し、瑣末な法令集がごとき様相を呈した。当然誰ひとり追尾できず、否定も肯定もできないような代物となった。圧巻なのが、その宇宙論を網羅し最終的に編纂総指揮したとされるあの超有名教授に、最も権威ある賞が与えられてしまったことである。理論の難解さゆえに誰もがそれを偉業として讃えた。かくして「宇宙論の大筋は解明され、もはや不可侵である」という印象が拭えないものになった。

若干の科学者が異論を唱えたのを私は知っている。だが、学会から完全に無視され、むなしく失脚して行く運命にあった。

こうして多くの科学者が宇宙論から他の研究分野へ鞍替えしていった。

だが実情は、宇宙論は完成されたわけではなく、もうそれ以上先へ進めなくなっただけのことであった。

銀河の人相

ハッブル望遠鏡が最深宇宙を撮影した例の一枚の後も、おびただしい映像が公開された。さらに米国ばかりでなく、他の国々や企業も競い合って新型の宇宙望遠鏡を打ち上げ、全天くまなく最深宇宙を観測しようとする国際プロジェクトが始まった。

そして次々と蓄積されるその膨大な映像データは、国際的データベースにまとめられ、一般に公開された。

DNA コードの解析でもそうだったが、この手の空欄を埋める作業は遅かれ早かれ自動的に進むのが現代の真骨頂である。

はじめのうちこそ、新しい衛星が打ち上げられ、写真が公開される度に話題になったものだが、おおむね似たような映像が送られてくるので、次第に最深宇宙の映像にだれも関心を払わなくなっていた。

それでも最深宇宙データベースは各国の年間予算消化のために着々と進められ、充実していった。

続々とアップロードされる映像群の中で、私はいくつかの写真を見逃さなかった。それらはハッブル宇宙望遠鏡が観測したものより高解像度で、殆ど事象の地平線に近いところにある銀河が、ありえないほど年老いていることを示していたからである。果たして宇宙の年齢よりも年をとっている銀河がありうるだろうか？ 従来の理

論は根本的に誤っていることは明らかだった。

私はその誰も見向きもしなくなったおびただしい映像群を出来る限り収集した。そしてハッブルよりも細かい銀河の分類学を自分なりに打ち立てようと思いついたのである。

銀河にはそれぞれ人相に似た顔がある。いわゆる銀河の博物学である。

1万枚にも及ぶ写真すべてに目を通し、番号を振り、それぞれの画像データを、ヴァーチャル天球儀の正確な位置にマッピングしていった。1万枚という多量に思われるかもしれないが、全宇宙の情報に比べたら無に等しい。高々1万ほどの点で球面を埋め尽くすことなど出来はしない。

たとえば私が初めて手にしたハッブル宇宙望遠鏡の写真はほぼ縦横10センチ四方のものだった。これは視野角にしておよそ2.7分に満たない。仮にこの規格の最深映像を球面ドームに張り付けて、実際の見かけの天空と同じ状態にするとしよう。いったいどれほど大きいドームを建設しなければならないだろうか。計算すると、実に直径130mの球面が必要である。こんな巨大なドームに、直径10センチほどの写真を1万枚貼ったところでどれほどのものか知っている。半球面を埋め尽くすには、1枚当たり10日間かけて撮影された宇宙望遠鏡の写真を10,191,080枚必要とする。まったく気が遠くなる作業である。紙の総重量だけでも10トンを超える。さらにもう片方の天球が残っているわけで、仕事量は2倍である。

これは国家規模でなければできないプロジェクトで、実現の見込みは薄い。

だから私はささやかながらヴァーチャル天球儀上で、とりあえず1万枚の分類作業を始めた次第である。

一年ほどその分類作業を続けるうちに、南半球の天空で撮影された最深宇宙映像に、たまたま見覚えのある渦巻き銀河に目が止まった。

はじめ写真が重複しているのではないかと考え、既に目を通したすべての写真をチェックしたのだが同じ写真は無かった。

私はもう一度その見覚えある銀河を眺めた。

私ははたと思い当たった。これはMxに違いないと。Mxとはハッブル望遠鏡が打ち上げられる遥か以前に、地上の光学望遠鏡で観測された北天に浮かぶ比較的有名な銀河である。

私はすぐにヴァーチャル天球儀をその銀河の方向に向け、ズームアウトした。最深宇宙は後退し、果たして見慣れた銀河の全貌が浮かび上がった。あのときの衝撃は忘れられない。

ひょっとして古い天文画像データが裏焼きされて紛れ込んだのかもしれないと疑い、確認したが、やはり間違いではなかった。

南半球側で観測された銀河とMxはまるで、ある人物

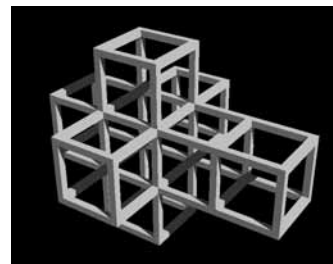
の老年期と青年期の同一性を発見するようだった。見かけの大きさはもちろん渦の巻く向きもそれは反対だったし、方角、距離、成長段階もすべて異なるのだが、私は両者に分類学を超えた同一性を感じ取った。これは時代の異なった同一の銀河に違いないと。

この確信は、おそらく当時なら間違いじみた結論と受け取られただろうが私には疑いないことのように思えた。

更に、その銀河の近傍にある銀河にも注目した。面白いことに、あとは芋づる式に対応する銀河が見つかったのである。その年代差はどれも40億年前後であり、このデータは後で述べるが、現実の宇宙の胴回りが約80億光年ほどであることを物語っている。

40億年もたてば銀河間の関係はかなり変化しているかといえば意外にもそれほどではない。銀河相互の位置関係はむしろ釘付けにされているとっていいかもしれない。どんなに速い乗り物に乗っても遠方の山は不動に見えることと同じであろう。だから2つの時代の銀河を同定していく作業はそう困難ではなかった。

こうして私は同定された銀河の概略の形と名前を透明フィルムに描き、室内に立体的な宇宙儀なるものを作り始めた。



もちろんこの宇宙儀は3次元空間で完全に記述することはできない。そこで4次元立方体(正8胞体)の展開図形を利用した。立方体の一辺は20億光年の縮尺である。

こうした地道な作業の末、私は次のような論考にまとめ、空想科学小説ならぬ「空想数学小説」としてMANIFOLD誌#16, 2008に発表した次第である。

空想数学小説

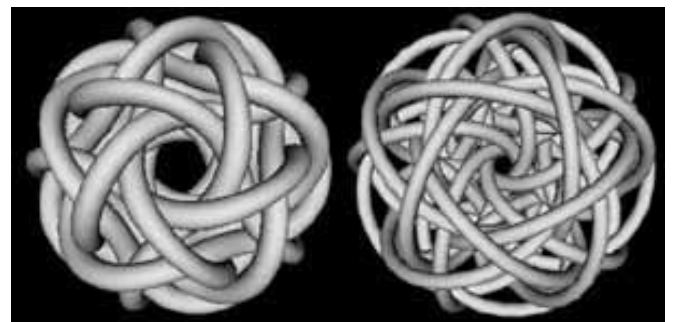
ジャガイモ宇宙論の大航海時代

宇宙は意外にチビで、年寄りだった。星の数もそれほど多くはなかった。

原子模型と宇宙模型

ここに模型がある。それはさまざまな元素の原子核を回る電子の軌道のモデルとして制作されたものである。

電子の軌道はまるで籠を編むように螺旋が絡み合っている。



電子が軌道上で衝突しない理由、粒子にカイラリティがある理由、そして非整数の振動数もこのモデルで十全に説明できる。

マクロに話を転ずれば、それは4次元空間における閉じた3次元多様体の測地線をたどる光の軌跡のモデルにもなるだろう。すなわちこれは「宇宙の形」である。

風船の比喩

宇宙物理学者は宇宙の膨張を説明するときに、現実の宇宙の次元を1段落とし、しばしば膨らみ続ける風船の表面に譬えて説明する。この場合私たちは平面人であることになる。この譬えは非常に有効であり、私もこれに倣おう。

リーマン、アインシュタインまでの宇宙論では4次元幾何学的に閉じた宇宙が構想されていた。ハッブルの法則が発見された後、アインシュタインは宇宙項を加えた事を生涯最大の失敗と語った話は有名である。それ以後4次元的に閉じた宇宙をまじめに考える人はあまりいなくなったことは残念である。

長さLのものは時間tでどれだけ伸びるのであろうか。光の速さをCとおく。

宇宙膨張によって後退速度が光速に達するまでの距離をHとおく

宇宙の膨張が等方的で一様だとすると、現時点で長さLのものは両端が

$$\frac{C}{H} * L$$

のスピードで離れている。

この膨張率はあくまでも現時点のものであって、次に掲げる三種類の可能性がある。

- a 宇宙の膨張率は減少傾向にある。(膨張加速度 -)
- b 宇宙の膨張率は一定である。(膨張加速度 0)
- c 宇宙の膨張率は増加傾向にある。(膨張加速度 +)

ここでは最も簡単なbの場合を考察してみよう。

すなわち、この宇宙は過去も未来も永遠にC/Hという一定の膨張率にしたがうものとする。

これが唯一の前提である。

時間t後のLの長さは簡単な複利計算で求めることが出来、

$$f(L, t) = e^{\frac{C}{H} * t} * L$$

で表される。

eは自然対数の底である。したがって、150億光年彼方の光が届くとき、その発信者は

$$150 * e = 408$$

408億光年彼方に退いているはずである。

現在私たちの場所から光速で退く150億光年先の任意の地点をPとしよう。Pは私たちのいる場所を中心に半径150億光年の球面上の点である。私たちの前提では、Pが光速で後退して見えるのは、現在だけである。やがてPは光速以上の速さで後退する。一方Pは過去においては当然150億光年より近くに存在し、先に掲げた前提からすると、その時は光速以下の速さで退いていたことになる。Pは過去に遡れば遡るほど私たちの近くに存在し、その後退速度は遅い。したがって150億年前にPが一点に収束するはずもない。では150億年前にPはどのくらい近くに存在したのだろうか。それを計算してみよう。先ほどの式のLに150(億光年)を代入し、tに-150(億年)を代入すればよい。光速Cは年速1(光年)、Hは150(億光年)の定数であるから、

$$\begin{aligned}
 f(150, -150) &= e^{\frac{C}{H} * (-150)} * 150 \\
 &= e^{-1} * 150 \\
 &= 55.18 \dots
 \end{aligned}$$

Pは半径約55億光年の球面上にあった。

宇宙の密度はe³倍であった。

宇宙の膨張率を体感する

この宇宙は1年でどれだけ膨張するか?

150億光年の地点Pは1年後にはほぼ1光年彼方に退く。厳密には1光年より僅かに遠くへ退く。計算すると1.00000000002光年である。これは光が到達するよりも189km先へP点は1年で到達する。

概算として、すべてのものの1年の膨張率は

$$k = 1 / 150 \text{ 億}$$

だけ膨張すると考えてよいだろう。すなわち、

$$k = 0.00000000006666 \dots$$

である。

たとえば私たちから80億光年離れた地点は一年で0.53光年、秒速にして約160000km/s遠ざかる。

一見ものすごい膨張率に思われるかもしれないが、検証すると、これは人間の感覚にとってほとんど膨張していないに等しいことがわかる。

では身近なものの膨張率を計算してみよう。1Kmの長さのものは1年で約0.000066ミリ(66nm)膨張する。これは小さめのウイルス一個ほどのサイズであり、プレートテクトニクスの動きに比べたら途方もなく僅かな変化である。

原子レベルのスケールではさらに微々たるものである。150億の塩基が繋がった遺伝子ならば、一年でちょうど塩基一個分伸びる。約0.000000666ミリ(666pm)である。

この空間の膨張を、性質は全然ちがうとはいえ身近な物質の熱による膨張と比較してみよう。

鉄の熱膨張率は温度が1上がると1.00001倍に膨張

する。今ここにぐるぐるに巻きとられた細い針金の束があったとする。その針金の全長は切れ目なしに 300 億 km だったとする。その針金の塊全体を暖めたら 1 秒間で 1 上昇したとする。そのとき、針金の両端は互いに光速で後退しているはずである。しかしその針金の山は何事もなかったかのように泰然としてそこに在るだろう。300 億キロという長いようだが、ここでの議論では 0.003 光年という短さである。

物質で最も安定とされるダイヤモンドでさえ、鉄の膨張率の 1/10 程度なので、1 /秒の上昇で光速に達する距離は 3000 億キロにすぎない。0.03 光年である。150 億光年でやっと光速に達する宇宙空間とはえらい違いである。

つまりこの宇宙空間は安定性においてダイヤモンドよりもはるかに硬いのである。途方もなくカッキンカッキンに結晶している。その硬い媒質を電磁波は伝播してゆく。私ならダイヤモンドより硬いこの空間をありがたく買うだろう。空間はタダであるが。

しかし誤解のないように。物質の熱膨張などとは異なり、宇宙膨張は非常に微細であることに加えて、あらゆる物差しも、はたまた観測者も遍く同様に膨張するから、身近なスケールでは私たちは空間の膨張を観測することは決して出来ない。

天体のスケールになってようやくドップラー効果から宇宙空間の膨張が観測可能となるわけだ。

宇宙の半減期（倍化期）

では先ほどの前提から、宇宙の半減期あるいは倍化期を計算してみよう。

$$e^{\frac{C}{H} * x} = 2$$

となる x を求めれば良い。

$$\frac{C}{H} * x = \log 2$$

なので

$$x = \frac{H}{C} * \log 2 = 103.972 \dots$$

である。

現在から 104 億年前、全宇宙は現在の半分の大きさであった。密度は 8 倍であった。

逆に現在から 104 億年後の宇宙の大きさは 2 倍になる。密度は 1/8 になる。

宇宙の晴れ上がり現在の宇宙の大きさの 1/1100 の時点だったとするならば、計算によると 約 1050 億年前のことである。

それ以前は火の玉宇宙の時代である。

もちろん宇宙の腰回りがたった 10 センチの頃もあり、その極端にきつい曲率の空間を光が 1 秒間に 30 億回も回転する光景は、さぞや見物だっただろう。もっともその宇宙の外側に存在するいかなる観察者もあり得ないのだが。

直径 10 cm の火の玉宇宙が、直径 20 センチに膨張す

るまでに、104 億年もかかったということは、想像しがたいかもしれない。しかし、それが時間の定義と考えれば納得できよう。私たちが子供だったときは一日が一年にも感じられたものだ。これは「出来事保存の法則」と呼べるかもしれない。

もういちど前提を確認しよう。

この議論ではビッグバンは必要とされない。宇宙は一定の膨張率で膨張し、無限に古い歴史をもつという考えである。

細かく見れば、宇宙の膨張率が永遠に一定であるとも思えないが、仮に変化するとしてもそれほど大きくはないと思う。現代のビッグバン宇宙論は常軌を逸していると思われるほどの膨張率の変化であるといわねばならない。

宇宙の腰回り

もちろん話はここで終わるわけではない。読者は次のような疑問を持たれたのではないだろうか。「ではビッグバンの名残とされる宇宙背景輻射をどう説明するのか」と。

宇宙はとてつもなく長い歴史をもち、事象の地平を越えて、私たちの知らない遠い過去の宇宙が存在しうることが理解されたと思うが、では宇宙の広さは無限に広いのだろうか。そうならばどうして事象の地平あたりに、一様なノイズの幕が見えるのだろうか。

果たして宇宙はそもそも本当に 150 億光年もの広さがあるのだろうか。

ここでふたたび風船の譬えに立ち戻ろう。

周知のように、地球が球形であると証明される以前は、世界は無限に広い平面上にあると考えられていた。あるいは地平線の向こうには深い断崖があると信じられていた。

しかし現実に地球は球形であり、測地線に沿って無限に航行できるが、表面積は有限である。

まったく同様にリーマン/アインシュタインの説では宇宙は 4 次元的に閉じているだろうと考えられた。

ボルヘスの代表的作品「パベルの図書館」はまさにこの幾何学に基づいて書かれた小説である。

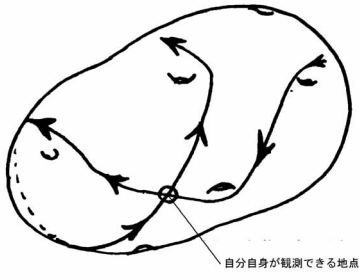
誤解の無いように願うが、ここで時間は次元に加えられていない。これは幾何学的な 4 次元の議論である。

すなわち、この宇宙が一定の正のガウス曲率で閉じた 3 次元球面であるならば、観測者が永遠の生命を持ち、超高性能の望遠鏡で眺め続けると、どの方向を眺めてもいつか自分の後ろ姿が見えるはずである。

しかし現実の宇宙は、星々によってゆがめられているし、大局的にもいびつに歪んでいることが当然予想される。曲率は至る所で変化している。

直線運動をする光は風船と言うよりもむしろ、成長するジャガイモの表面の測地線をたどるような経路をとる

ことだろう。もっともジャガイモの成長速度は宇宙とは比べものにならないほど急速であるが。



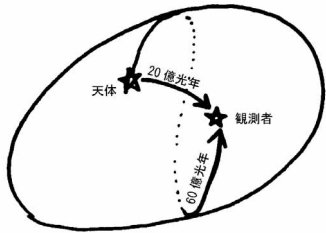
ジャガイモ表面の窪んだ芽はさながら星に対応し、光の軌跡は星の重力によって曲げられる。時には星に取り込まれてしまうこともあるだろう。だから宇宙が

たとえ有限で、測地線をたどる旅に出たとしても、必ずしも出発点に戻れるとは限らない。運よく自分の姿が見えたとしても真後ろということはまず無いだろう。

また宇宙のガウス曲率が大局的に負であるならば、まったく星の影響を受けぬ経路をとったとしても、同じ地点に二度と帰還することはないのである。

大局的に曲率が正であろうが負であろうが、どちらにしても、現在の宇宙の見え方は、必ずしも 150 億光年の広さを要請しない。もっと広くてもいいし、あるいはもっとずっと狭くても良い。

そして現時点の観測データはこの宇宙はかなり小さい事を物語っている。



というのも観測した複数の銀河の中に、明らかに同一の銀河と思われるものが見つかったからである。

一例を上げれば、北極星近傍に位置する M_x と南天の八分儀座

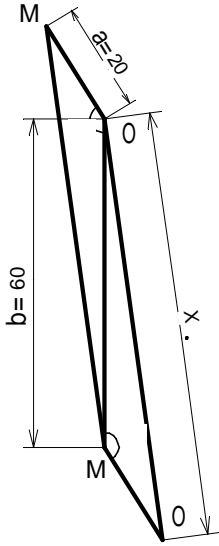
に位置する M_y はそれぞれ 20 億光年と 60 億光年に位置する銀河であり、その年齢はそれぞれ 140 億才と 100 億才と想定される。見かけの大きさも 3 倍ほどの差があり、渦の向きも反対であったが、私にはまるで後者の銀河が前者の面影を残しているように思えたのである。

その直観は当たっていた。

一般の銀河の成長過程はかなり解明されており、総質量、スペクトルなどの初期条件が与えられれば後の変化はほぼ予測可能である。渦の腕の角度などすべての分析結果は、調べれば調べるほど、同一性を示していた。

決め手となったとは、その銀河の内部にある複数の特徴的なパルサーの位置的な変化が、その銀河の相対的な年齢差における流体力学的な理論値と一致したからである。

もしもこれら銀河からの光線が直接のもの、すなわち宇宙を既に一周したモノではないとすれば、宇宙の腰回りが概算できる。図では O が同一の観測者、M は同一の天体である。



余弦定理、

$$x^2 = a^2 - 2ab \cos \theta + b^2$$
 で宇宙の腰周り x が求められる。それはせいぜい 78 億光年を超えることはないであろう。この値はほかのいくつかの同一と思われる銀河対の観測値ともほぼ一致している。

ということは当然、天空のどこか、78 億光年前後の位置に 78 億年前の私たちの銀河が望めるはずだ。

予想より若干距離は近かったが、56 億 7 千万光年近辺にある銀河の中にそれは発見された。

その同定はやや困難な仕事であった。なぜなら私たちは自分たちの住む銀河の姿を知らないのだから。

しかし私たちの天の川銀河の比較的近くにある特徴的な銀河、M33 さんかく座と M31 アンドロメダ銀河の先祖が発見され、それらの位置関係からわれらが天の川銀河を特定することができたのである。

私は何十億年も前の自分たちの住む銀河の光（情報）を絶えず浴びている事実に興奮する。

私たちは今までほど孤独ではない。

以上のように、宇宙の腰回りは有限で、意外に小さいことが明らかになった。光はあらゆる方向、あらゆる過去から打ち寄せ、干渉しあい、統計学的な白色雑音を形成している。その中には観測者の属する銀河が過去に発した光も含まれている。

この総体が等方一様に観測される宇宙背景輻射に他ならない。

核子の崩壊を予言する

電子の波長も絶対的には増大するが、相対的には変化しないので気づかれることはない。なぜなら人類は原子時計を時間の物差しとして使っているのだから。

「すべてのもの（物差し自体も）が無差別平等に膨張するのだから、膨張しようがしまいが同じことだ」と思われるかもしれないが、そうではない。

なぜなら質量は増大しないからだ。宇宙の平均密度は確実に減少する。いくら膨張率が微々たるものであっても、長い時を重ねれば無視できなくなり、いずれあらゆる粒子の相互作用は弱まり、ついに核子同士の相互作用も成立しえない距離に達し、宇宙のあらゆる物質は一斉に崩壊し、一瞬宇宙は再び燃え上がることが予想される。

計算ではほぼ現在の 200 倍のスケールに膨張した時点で核子は崩壊する。それはおよそ 794 億年後のことであろう。もっとも従来支配的であった相互作用が崩壊するだけであって、宇宙はまた別の素材と語法で織物を織ることだろうが。