

宇宙の空間と地球の時間 (筆者らの感想)

Great Universe and time-longitude on Earth by authors' impressions

○和田 實 荒武 睦子 松山 由紀子 (一社) 近畿建設協会

1. はじめに

宇宙の成り立ち, 過程, 構成とその巨大さ並びに地球をはじめとする太陽系の空間と時間についてその概要を述べる. その巨大さは, 我々の身近な空間や時間感覚ではとらえきれない. そのため, 空間や時間を短縮して身近な感覚としてとらえてみたい.

なお, アインシュタインの相対性理論による時空のゆがみなどの宇宙理論については, 筆者らには手に負えないので割愛する.

2. 宇宙の成り立ちと消滅

宇宙は約 138 億年前のビッグバンによってできたといわれている. 今でも宇宙は拡張しており, (地球から) 遠い距離ほどその距離に応じた速度で遠ざかっている. その速度を逆算して約 138 億年前にビッグバンがあったとされる. ビッグバンから 100 兆年ごろまでの宇宙の過程と状況を表-1 に示す.

ビッグバン後の宇宙は, 高温高密度から徐々に低温低密度になっている. 現在は 2.7k (絶対温度) である.

ビッグバンの 38 万年後の宇宙の晴れ上がりにより, それ以降に発生した光が地球に届いている.

今後の宇宙を想定すると, 約 50 億年後には, 太陽が赤色巨星化し, 爆発後, 地球とともに消滅する. また 1 兆年頃には銀河が老齢化し, 100 兆年頃には星が消滅するといわれている.

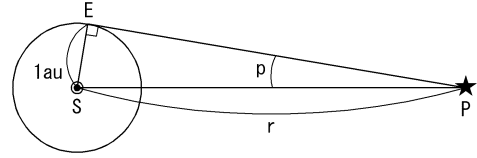
表-1 宇宙の成り立ちから消滅までの過程と状況

ビッグバン後	宇宙の大きさ	温度	宇宙の状況
100秒	1000光年	10億K	元素合成の始まり
38万年	1億光年	3,000K	陽子と電子が結合し水素原子ができ, 光がまっすぐ進むことができる. (宇宙の晴れ上がり)
90億年頃			太陽と地球の誕生
138億年	138億年	2.7K	現在
190億年頃			太陽の赤色巨星化 (約50億年後) →太陽の消滅
1兆年頃			銀河の老齢化
100兆年頃			星が燃えつきる

3. 恒星までの距離測定と宇宙の大きさ

恒星までの距離の測定方法は, 距離に応じて測定方法が変わる. その内, 2つについて述べる.

図-1 のとおり, 地球の楕円軌道の長軸の半分 (1 天文単位) の位置で恒星の見える角度の相違を年周視差といい, 角度 1 秒差に対する距離を 1 pc (パーセク) で表す. 年周視差の角度を測ることによって, 恒星までの距離 r は $r=1/p$ (単位 pc) となる. 年周視差が小さいほど遠い位置にある.



E:地球, S:太陽, P:星, p:年周視差, r:星までの距離

図-1 年周視差を利用した星までの距離推定

年周視差で測定できないほど遠くにある場合, 恒星の明るさの絶対等級 M を何らかの方法により推定し, 見かけの等級 m との差 $m-M$ から距離を推定する. この場合, 明るさは距離の 2 乗に反比例することを利用する.

三重テレビのオリジナルキャラクター「エムっとくん」は 33 億光年のメイズ星雲のメイズ星からやってきたといわれるが本当に来られるのか? 33 億光年の距離は, $9.5 \times 10^{12} \times 33 \times 10^8 = 3.1 \times 10^{22}$ km, 地球の脱出速度である 11.18 km/s で地球へやってくるには, $3.1 \times 10^{22} \div 11.18 = 2.8 \times 10^{21}$ 秒となる. これを年数に換算すると, 89 兆年となる.

地球から宇宙をみると, 銀河星団や星々が衝突しているように見えるが, それは二次元で見ているためで, 宇宙の平均密度は 10^{-15} g/cm³ と極めて希薄であり, 三次元での奥行きを考えると, 衝突の可能性は極めて低い.

4. 太陽系の縮小

太陽系は, 8 つの惑星で構成されている. 水星～火星の岩石惑星, 木星と土星のガス惑星, 天王星と海王星の氷惑星である. 地球はハビタブルゾーンに位置する.

表-2 のとおり, 太陽系を 1 億分の 1 に縮小し, 京阪淀屋橋駅に半径 7 m の太陽を置いたとしたら, 地球は天満橋駅の京都側で半径 6.4 cm の球となる. 一番外側の海王星では伏見稲荷駅周辺に位置することになる. 地球の衛星である月は半径 1.7 cm で地球から 3.8 m の距離で公転している.

表-2 太陽と太陽系の惑星他とその縮小

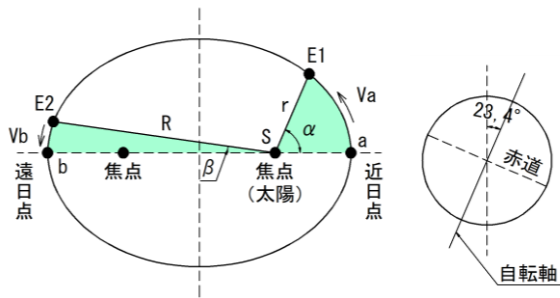
	実 測			1億分の1に縮小		
	太陽からの距離 10 ⁸ km	赤道半径 10 ³ km	公転周期 (年)	太陽からの距離 km	赤道半径 cm	京阪淀屋橋からの距離
太陽	-	696	-	-	696	淀屋橋
水星	0.58	2.4	0.24	0.58	2.4	北浜
金星	1.08	6.1	0.62	1.08	6.1	天満橋西
地球	1.50	6.4	1.00	1.50	6.4	天満橋東
火星	2.28	3.4	1.88	2.28	3.4	天満橋・京橋間
木星	7.78	71.5	11.86	7.78	71.5	土居
土星	14.29	60.3	29.46	14.29	60.3	寝屋川市
天王星	28.75	25.6	84.02	28.75	25.6	樟葉
海王星	45.04	24.8	164.77	45.04	24.8	伏見稲荷
月	-	1.7	27.3日	地球から3.8m	1.7	-

太陽が発した光は時速 10.8 km/h の速さで、8 分 20 秒かけて地球に届くことになる。また、地球の公転は、淀屋橋駅の太陽を中心として 1 日 25.8 m 移動する円運動（厳密には楕円運動）をしている。

5. 暦について

1 年の暦で、7 月・8 月・9 月は 92 日あるが、1 月・2 月・3 月は 90 日（うるう年は 91 日）と若干短い。

これは、図-2 に示すケプラーの第一法則と第二法則によるもので、地球が太陽の周りを楕円軌道で公転しており 1 月・2 月・3 月は太陽の近日点にあり、7 月・8 月・9 月は遠日点にある。近日点では、公転速度 V_a が V_b より早くなり、その分日数が短くなる。



左) 地球（惑星）の楕円軌道 右) 地球の自転軸他

図-2 ケプラーの第一、第二法則の概念図

6. 地球の歴史

地球が誕生して 46 億年経つといわれている。この 46 億年という時間感覚は、我々の認識ではとらえがたい。したがって、地球の歴史を表-3 に示すとおり 1 年に短縮し、我々の人生を 90 年として比較した。

表-3 地球の歴史と時間の短縮

事象	年前	地質時代等	1年に短縮した場合の事象
地球の誕生	46億年前		1月1日午前0時
生命の誕生	38億年前		3月中頃
魚類の登場	4.1億年前	古生代デボン紀	11月29日頃
両生類の登場	3.6億年前	古生代石炭紀	12月3日頃
哺乳類の誕生	2.3億年前	中生代三畳紀	12月13日
恐竜の滅亡	65百万年前	中生代白亜紀	12月26日
人類の登場	5百万年前	原人	12月31日15時30分頃
新人の登場	4万年前	クロマニヨン人	12月31日23時55分30秒頃
文明の始まり	8千年前	都市集落の形成	12月31日23時59分05秒
西暦の始まり	西暦0年		12月31日23時59分46秒
人生90年			1秒にも満たない

1 月 1 日の午前 0 時 0 分 0 秒に地球が誕生したとする。3 月の中頃に生命が誕生、その後 11 月 29 日から 12 月 26 日にかけて魚類、両生類、恐竜（爬虫類）が登場する。人類の登場は、12 月 31 日（大晦日）の 15 時半、新人のクロマニヨン人は、同日の 23 時 55 分過ぎに登場する。西暦が始まって現在まで 14 秒しかなく、我々は 12 月 31 日 23 時 59 分 59 秒後に誕生し、1 秒に満たないほんの一瞬の人生となる。

極微小な変化も非常に長い時間で継続すれば、巨大なものに変貌する。世界一高いエヴェレストは、中生代後期から新生代前期にかけての造山運動で高くなったといわれる。1 億年かけて海拔 0 m から 8,848 m になったと仮定すると、100 年で平均 1 cm 弱の隆起をしていることになる。ウエグナーの大陸移動説の南米大陸やアフリカ大陸の移動についても同様なことがいえる。

7. 考察

宇宙をいくら縮小してみても、果てしなく大きく、人知の範囲を超えてしまう。天文学の数値は数字そのものよりも桁数の話になる。たとえば、先ほどの 33 億光年かなたにあるとされる架空のメイズ星までの距離は、地球を原子の大きさ（直径 10^{-13} km）に縮小（ 6.4×10^{16} 分の 1）しても地球外の遠い位置にある。

地球の歴史を 1 年に短縮したら、人生 90 年はほんの 1 秒にも満たない。石油や石炭などの化石燃料を 200 年～300 年で使い切ってしまうと、1 年間貯めてきたエネルギー資源をわずか 2～3 秒で使い果たすることになる。化石燃料に代わる再生可能なエネルギーを開発・活用することによって持続可能な経済発展を目指すことが今後の喫緊の課題と考える。

参考：

- ・天文単位 (au) とは、太陽と地球の距離で $1 \text{ au} = 1.5 \times 10^8 \text{ km}$ となる。
- ・角度 1 秒は 4.848×10^{-6} ラジアンで、 1 au をこのラジアンで除すると 1 pc （パーセク）となる。その値は $3.1 \times 10^{13} \text{ km}$ で、3.26 光年である。
- ・物体の速度は、波動と粒子の両方の性質をもつ光の速度が上限で、その速度は、 $3.0 \times 10^5 \text{ km/s}$ である。1 光年の距離は、1 年間に光が進む距離で、 $3.0 \times 10^5 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365.242 = 9.5 \times 10^{12} \text{ km}$ となる。
- ・ハビタブルゾーンは生命に必要な水が液体状にある。
- ・ケプラーの第一法則：惑星は太陽を 1 つの焦点とする楕円軌道を描く。なお、図-2 の概念図で、実際には両焦点間の距離はほとんど一致するぐらい近い。
- ・ケプラーの第二法則：太陽と惑星を結ぶ線分が一定時間に描く扇形の面積は常に一定である。

図-2 より、面積 $SE_b = \text{面積 } SE_a$ から、円軌道に近似すると、 $R^2 \beta / 2 = r^2 \alpha / 2$ ① α と β はラジアン
各公転速度は、 $V_a = r \alpha$ $V_b = R \beta$ ② ①と②より $r V_a = R V_b$ $V_a = (R/r) V_b$ から $R > r$ であるので、 $V_a > V_b$ ③ となる。

参考資料

- ・理科年表 2025
- ・「極・宇宙を解く」現代天文学演習 恒星社厚生閣
- ・「現在の宇宙の姿 その4」佐賀大学 NET