

宇宙科学 I (蜂巣) 2001年冬学期 (解答編)

注意 筆記用具以外の持ち込みは不可。試験時間は90分。解答用紙(表裏)は1枚。

問題 1. 次の語句についてその内容を3行程度で説明しなさい。

(1) 3K 宇宙背景放射

現在の宇宙を満たしている黒体放射の温度は3Kである。これは、ビッグバンの時に3000Kだった黒体放射が、宇宙膨張によって1/1000になったことを意味しており、ビッグバン宇宙論の裏付けの1つとなっている(p66参照)

(2) ブラックホールの蒸発 (配点5)

ブラックホールのシュバルツシルト半径の近くで、粒子、反粒子の対生成がおこり、そのうちたまたま反粒子がシュバルツシルト半径の中に、粒子が外側に出てくると、あたかもブラックホールから粒子が出てきたように見える。これは実際に、ブラックホールが普通の星と同様に、黒体放射をすることを意味しており、この黒体放射によって、ブラックホールは、ある一定時間、放射出した後、蒸発(消えて)しまう(p60, 61参照)

(3) 超新星爆発の意義 (配点5)

恒星の内部で、核融合反応によって作られたヘリウムより重い元素(C, O, Fe など)は、そのままでは、星の内部に閉じ込められたままだが、超新星爆発によって、それらの元素が、宇宙全体にまき散らされた。よって、超新星爆発がなかったら、重元素は供給されなかったわけであり、その意味で、我々は、超新星の賜であると言える。(p55参照)

(4) vセファイド (配点5)

セファイド(Cepheid)は、一群の変光星の総称であり、セファド不安定帯に存在する中質量星がそれにあたる。その振動の周期と星の明るさとの間にきれいな関係(周期-光度関係)があり、又、セファドは明るくて、遠くまで見えることより、セファドを含んだ遠方の銀河の距離を求めるのに使われる。

(5) 月の起源 (配点5)

様々な説があるが、現在では、地球に衝突した隕石の破片が集まってできたと考えられている。この内容は、講義ノートにはありません。

問題 2.  $1M_{\odot}$  の恒星の進化(星の一生)に関する次の図を見て、星の進化の様子を簡潔に説明しなさい。図中の、A とか B とかの位置に対応する星の内部の様子(星を輪切りにした説明図)も同時に示しなさい。(配点25)

(解答省略) 講義ノート p46 ページそのままの問題です。

問題 3. 次のドレイクの式は、われわれの銀河系(天の川銀河)に存在する宇宙文明の数  $N$  を予測する式である。この式に関して、次の問に答えなさい。

$$N=R \cdot f_p \cdot n_e \cdot f_i \cdot f_c \cdot L$$

(1) ドレイクの式の右辺の意味を簡潔に述べ、 $N$  の合理的な値を推測しなさい。なお、ここで\*は star を意味し、p は planet、e は earth、l は life、i は intelligence、c は culture の頭文字であると考えてよい。最後の大文字の L についてのヒントはない。(配点10)

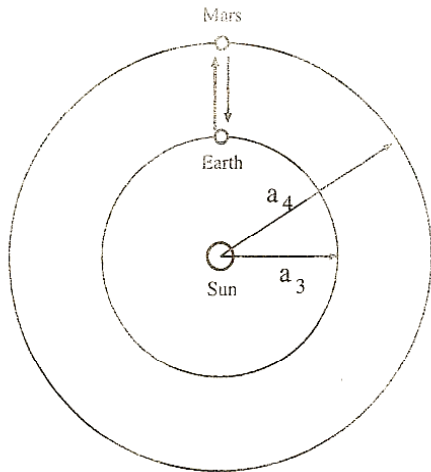
(2) 最後の項 L の値をいろいろ変えた場合、 $N$  の値も変わる。われわれの銀河系を直径10万光年の円盤で近似した場合に、この  $N$  の値によって、もっとも近い地球外文明との交信に何年かかるかを概算し、交信できるかどうかの可能性について述べなさい。(配点10)

(解答省略) 講義ノート p73~74 ページそのままの問題です。

(3) 地球外文明との交信の手段および内容についてもっとも適切と思われるものを具体的にあげ、その理由を簡潔に述べなさい。(配点5)

利用するのは電波。電波を用いるのが最も効率がよい。内容は、相互に理解できる話題がよい。すなわち、数学(足し算、素数など)が一番よい。素数のパターンは、宇宙共通のものであり、これをもとにメッセージを構成するのが最適と考えられる。

問題 4. 宇宙における距離の測定に関して次の問に答えよ。



- (1) 地球の軌道半径を  $a_3$ 、火星の軌道半径を  $a_4$  とする。共に円軌道として、遠心力と重力の釣り合いの式を導きなさい。ただし、地球の周期を  $P_3$ 、火星の周期を  $P_4$  とする。 (配点 5)

$$ma_3 \left( \frac{2\pi}{P_3} \right)^2 = \frac{GMm}{(a_3)^2} \qquad ma_4 \left( \frac{2\pi}{P_4} \right)^2 = \frac{GMm}{(a_4)^2}$$

- (2) レーダーエコーの実験を火星に向かって行い、行って帰って来るエコー時間として  $t_{34}=523\text{sec}$  (秒) を得た。ここで、地球の公転周期を  $P_3=1$  年、火星のそれを  $P_4=1.88$  年、光速を  $c=3.0 \times 10^8 \text{m/sec}$  として、 $a_3$  および  $a_4$  を有効数字 2 桁で求めよ。必要なら、 $(1.88)^{2/3}=1.52$  を使いなさい。 (配点 10)

レーダーエコーの実験により求められる式  $a_4 - a_3 = \frac{523}{2} \times 3.0 \times 10^8 [\text{m}]$  と、上の 2 式より求める。

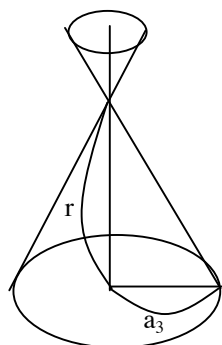
$(a_3)^3 (2\pi)^2 = GM(P_3)^2$ 、 $(a_4)^3 (2\pi)^2 = GM(P_4)^2$  より  $G$  と  $M$  を消去して、

$(a_4)^3 = (a_3)^3 \times (1.88)^2$  となり、これより、

$a_3=1.5 \times 10^{11} [\text{m}]$   $a_4=2.3 \times 10^{11} [\text{m}]$  と求められる。

- (3) パーセク (pc) の定義を述べ、その値を有効数字 1 桁で求めなさい。 (配点 10)

地球の公転によって星の位置が天球上で楕円移動するが、その回転の長半径を角度の秒の単位で表したのを年周視差といい、この逆数をパーセクという。年周視差 1 度するとき、1 パーセクとする。



$$r \cdot \tan \theta = 1.5 \times 10^{11}$$

ここで  $r$  が非常に小さいとき、  
 $\tan \theta \cong \theta$  となって、

$$r = \frac{1.5 \times 10^{11}}{\theta} \qquad \theta \text{ は、ラジアンなので、度に換算すると、}$$

$$r = \frac{1.5 \times 10^{11}}{\left( \frac{\pi}{180 \times 60 \times 60} \right)} \cong 3 \times 10^{16} [\text{m}]$$

よって、  $1[\text{pc}] \cong 3 \times 10^{16} [\text{m}]$  ■