

東京大学前期【地学】解答例

第1問

問 1 (1) (a) $\frac{D}{d} = \frac{0.72}{1-0.72} = 2.57 \doteq 2.6$ [倍]

(b) $D = L \tan \theta$ より $L = \frac{D}{\tan \theta} = \frac{2.57d}{\tan \theta} \doteq \frac{2.6d}{\tan \theta}$

(c) θ が微小なので $\tan \theta \doteq \theta$ と近似でき、

$$L = \frac{2.57d}{\theta} = \frac{2.57 \times 3000}{11 \times 4.8 \times 10^{-6}} = 1.46 \times 10^8 \doteq 1.5 \times 10^8 \text{ [km]}$$

(2) (a) 求める距離を x パーセクとすると、
 $-19.5 = 15.5 + 5 - 5 \log_{10} x$ より $x = 1.0 \times 10^8$ [パーセク]

- (b) ・ Ia 型超新星は明るいため非常に遠方でも観測でき、脈動周期のように長期間観測しなくとも絶対等級が求まる。
 ・ 脈動型変光星は、超新星のような突発的な現象ではなく、数も多いので観測機会が多く、近距離の計測に適している。

問 2 (1) ケプラーの第3法則より $K = \frac{a_E^3}{P_E^2} = \frac{a^3}{P^2}$ なので、 $P = \sqrt{\frac{a^3}{K}}$

(2) 太陽と彗星を結ぶ線分は、公転周期 P の間に楕円軌道の面積を通過し、時間あたりの通過面積は一定なので、時間 τ の通過面積は、

$$\frac{S}{\tau} = \frac{\pi a^2 \sqrt{(1-e^2)}}{P} = \pi \sqrt{\frac{K a^4 (1-e^2)}{a^3}} = \pi \sqrt{K a (1-e^2)}$$

(3) (a) 与えられた近似式 $\Delta S = \frac{r^2 \Delta \theta}{2}$ より $r = \sqrt{\frac{2 \Delta S}{\Delta \theta}}$ なので、

$$Q \Delta t = \frac{A}{r^2} \Delta t = \frac{A \Delta \theta}{2 \Delta S} \Delta t$$

$$(b) \quad 2.0 \times 10^{27} \times \Delta t = \frac{A}{2.0^2} \Delta t \quad \text{より}$$

$$A = 2.0^3 \times 10^{27} = 8.0 \times 10^{27} \quad [\text{個} \cdot \text{天文単位}^2/\text{秒}]$$

$$K = 1 \quad [\text{天文単位}^3/\text{年}^2] \quad \text{より}$$

$$K = \left(\frac{1}{60 \times 60 \times 24 \times 365} \right)^2 \quad [\text{天文単位}^3/\text{秒}^2]$$

$$\frac{S}{\tau} = \pi \sqrt{Ka(1-e^2)} \quad \text{で一定なので,}$$

$$Q\Delta t = \frac{A\Delta\theta}{2} \times \frac{\Delta t}{\Delta S} = \frac{A\Delta\theta}{2} \times \frac{1}{\pi \sqrt{Ka(1-e^2)}}$$

H₂O 分子 1 個の質量を m とすると, 求める総放出質量は,

$$Qm\Delta t = \frac{Am\Delta\theta}{2} \times \frac{\Delta t}{\Delta S} = \frac{Am\Delta\theta}{2} \times \frac{1}{\pi \sqrt{Ka(1-e^2)}}$$

$$= \frac{8.0 \times 10^{27} \times 3.0 \times 10^{-26} \times \frac{2\pi}{3} \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}{2\pi \times \sqrt{9.0 \times (1-0.80^2)}}$$

$$= \frac{8.0 \times 3.0 \times 10 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}{3 \times 3.0 \times \sqrt{0.36}}$$

$$= \frac{8.0 \times 10 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365}{3 \times 6 \times 10^{-1}}$$

$$= 8.0 \times 2 \times 6 \times 4 \times 365 \times 10^4$$

$$= 1.40 \times 10^9$$

$$\doteq 1.4 \times 10^9 \quad [\text{kg}]$$

- (4) 彗星本体に含まれる H₂O の氷は, 近日点に近づくたびに気化して失われる一方で, 新たに供給されはしないため。

第 2 問

- 問 1 (1) (ア) 凝結高度 (イ) 絶対不安定 (ウ) 絶対安定
(エ) 逆転層

(2) 空気塊が上昇による温度低下などで水蒸気が飽和したとき。

(3) (a)

理由 地表付近で気温減率が大きく、空気塊が上昇しやすいので積乱雲が発生しやすく、空気塊が周囲より高温で自発的に上昇する領域(BC間)が広いので積乱雲が発達しやすい。

- (4) ・放射冷却で温度が低下した地表に接する空気が冷やされ、地表付近が上空よりも低温になる。
 ・冷えた地表の上空に暖かい空気が流れ込み、上空が地表付近よりも高温になる。
 ・温暖前線や寒冷前線の前線面をはさんで、上方の暖気と下方の寒気が接する。
 ・下降気流にともなう断熱圧縮で、上空の空気が地表付近より高温になる。

などから 2 つ

(5) $h = 125(26 - 18) = 1000$ [m] より、求める温度は、

$$26 - 1.0 \times \frac{1000}{100} - 0.5 \times \frac{3000 - 1000}{100} + 1.0 \times \frac{3000}{100} = 36$$

$$= 3.6 \times 10 \text{ [}^\circ\text{C]}$$

問 2 (1) 赤道付近以外では海水にコリオリ力がはたらき、海面の傾きで生じる圧力傾度力とつり合うことで、海流は海面高度の等値線に沿って流れる地衡流となるから。

(2) 南極周極流

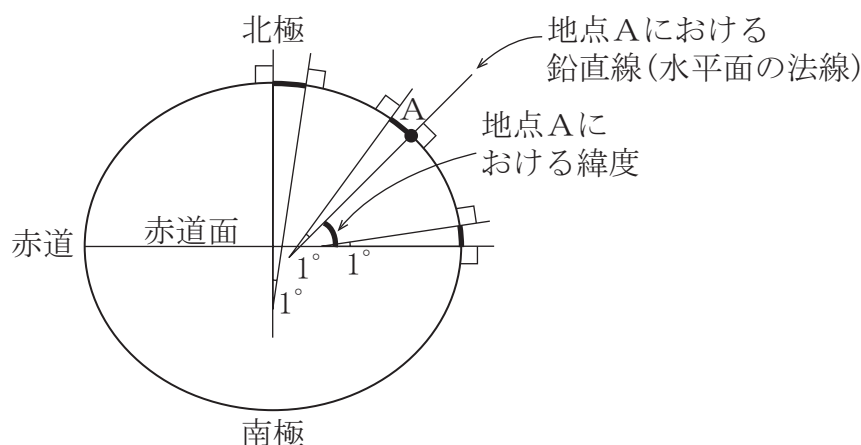
コリオリ力は流速に比例するが、海面高度の等値線の間隔がせまい海域では圧力傾度力が大きく、それとつり合うコリオリ力も大きいと考えられるから。

(3) この緯度帯では、低緯度側を貿易風が、高緯度側を偏西風が強く吹いているため、これらの風によって生じるエクマン輸送で、表層の海水が環流の中心に向かって収束することで、沈降流が発生している。

(4) (ア) 小さく (イ) 東 (ウ) 弱く

第3問

- 問 1 (1) 緯度は各地点での鉛直線が赤道面に対してなす角で定義され、緯度差 1° あたりの経線の長さが高緯度ほど長くなることから、地球が赤道方向に膨らんだ回転だ円体に近いとわかる。



- (2) (a) 遠心力がはたらかない北極における重力加速度の大きさは、万有引力 10 m/s^2 と等しい。また、1日を24時間とすると、赤道において万有引力 10 m/s^2 を打ち消す方向にはたらく遠心力の大きさは、

$$r\omega^2 = 6 \times 10^3 \times 10^3 \times \left(\frac{2 \times 3}{60 \times 60 \times 24} \right)^2 = \frac{10^2}{6 \times 24^2} = \frac{100}{3456} \\ = 0.0289 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

なので、赤道における重力加速度の大きさは、

$$10 - 2.9 \times 10^{-2} = 10 \times (1 - 0.00289)$$

であり、北極における重力加速度の大きさの $1 - 0.00289$ [倍] である。振り子の周期は重力加速度の大きさの平方根に反比例するので、北極における振り子の周期は赤道における振り子の周期の

$$\sqrt{1 - 0.00289} \doteq 1 - \frac{0.00289}{2} \text{ [倍]} \text{ であり、振り子の周期は}$$

北極の方が赤道よりも

$$\frac{0.00289 \times 100}{2} = 0.144 \doteq 1 \times 10^{-1} \text{ [%]} \text{ 短い。}$$

(b) 現実の地球内部は中心に近づくほど高密度になる層構造をしているため、偏平率はニュートンが求めた密度一様な流体の偏平率よりも大きく、ホイヘンスが求めた中心に質量が集中した偏平率よりも小さい。

(3) 最終氷期の北極域周辺では、氷床も含めたリソスフェアの重さでアイソスタシーが成立していた。1 万年前に最終氷期が終了すると、氷床の急速な融解でリソスフェアの重さが減少してアセノスフェアの圧力とつり合わなくなり、それ以降はアイソスタシーが成立するようにリソスフェアが隆起したため、古い時代の浅瀬ほど現在の標高は高くなっている。

問 2 (1) 断層 傾斜不整合 結晶質石灰岩

(2) 求める年代を t 年前とすると、

$$\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{1.3 \times 10^9}} = 1 - 0.10 \quad \text{より}$$

$$\frac{t}{1.3 \times 10^9} \times \log_{10} \frac{1}{2} = \log_{10} \frac{9}{10}$$

$$\frac{t}{1.3 \times 10^9} \times (-\log_{10} 2) = 2 \log_{10} 3 - 1$$

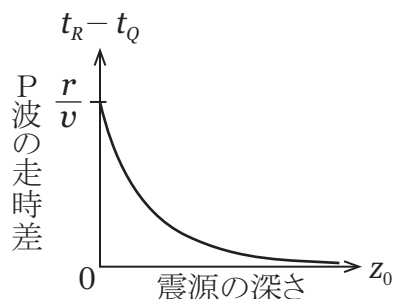
$$\begin{aligned} \text{よって } t &= \frac{1.3 \times 10^9 \times (1 - 2 \log_{10} 3)}{\log_{10} 2} = \frac{1.3 \times 10^9 \times (1 - 2 \times 0.48)}{0.30} \\ &= \frac{1.3 \times 0.04 \times 10^9}{0.30} = 1.73 \times 10^8 \approx 1.7 \times 10^8 \text{ [年前]} \end{aligned}$$

(3) (a) ④

(b) ・短期間に広範囲に堆積した。
・特徴的で他の地層と見分けやすい。

(4) 古生代に堆積した後に褶曲した石灰岩 E が 1.7 億年前に花崗岩 F の貫入による接触変成作用を受けて陸化・侵食を受けた上に、新生代新第三紀の火山活動で形成された凝灰岩 C をはさんで砂岩 D と B が堆積し、断層 X の活動後に泥岩 A が堆積した。

- 問 3 (1) $t_R - t_Q = \frac{\sqrt{z_0^2 + r^2}}{v} - \frac{z_0}{v} = \frac{\sqrt{z_0^2 + r^2} - z_0}{v}$
 (2) 震源が深くなるほど P 波の走時差は小さくなる。



- (3) 地下の P 波速度が一定なので、P 波は震源から同心球上に伝わっていく。震源が深くなるほど震源から観測点 Q, R を見込む角度は小さくなり、水平距離 r (一定) の観測点 Q, R の震源からの距離差も小さくなるので、走時差 $t_R - t_Q$ も小さくなる。

(別解) v も r も一定なので、 z_0^2 の増加に対して、

$$t_R - t_Q = \frac{r^2}{v(\sqrt{z_0^2 + r^2} + z_0)} \text{ より } \lim_{z_0 \rightarrow \infty} (t_R - t_Q) = 0 \text{ なので、走}$$

時差 $t_R - t_Q$ は小さくなる。