

第1問

問1

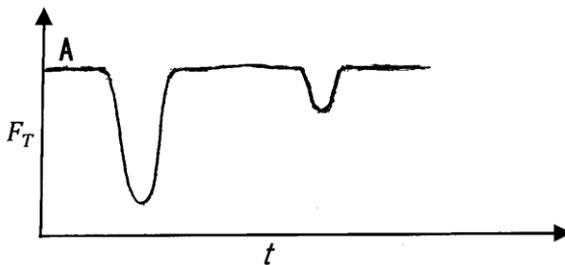
(1) L は恒星の表面積に単位面積当たりの明るさを掛け、 F は L を半径 D の球の面積で割ればよい。

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4, \quad F = \frac{L}{4\pi D^2} = \frac{R^2}{D^2} \sigma T^4$$

$$\text{答 } L = 4\pi R^2 \sigma T^4, \quad F = \frac{R^2}{D^2} \sigma T^4$$

$$(2) \theta_S = \frac{R}{D}, \quad \langle S \rangle = \frac{\sigma T^4}{\pi}$$

(3) (a)



(b) 主星が赤色巨星で伴星が主系列星のときや、主星が主系列星で伴星が白色矮星のときのように、主星の方が明るい低温である場合、主星の方が面輝度が低くなる。このため、伴星が隠される食の方が暗くなる。

(4) (a) $r = d \cos \alpha$ に、 $\theta = \theta_S \sin \alpha$ から $\cos \alpha$ を求めて代入すればよい。

$$\text{答 } r = d \sqrt{1 - \frac{\theta^2}{\theta_S^2}}$$

(b) 恒星の周辺部に近いほど θ は θ_S に近くなり、 r は小さくなるため、恒星の周辺部では表面に近い低温の部分からやってくる弱い光を見ることになり、周辺減光が生じる。

問2

(1) (a) ケプラーの第三法則から軌道長半径は公転周期の $\frac{2}{3}$ 乗に比例する。

$$a_E = 2^{\frac{2}{3}} \times 4.2 \times 10^5 = 6.66 \dots \times 10^5$$

$$a_G = 2^{\frac{4}{3}} \times 4.2 \times 10^5 = 1.05 \dots \times 10^6$$

$$\text{答 } a_E = 6.7 \times 10^5 \text{ km}, \quad a_G = 1.1 \times 10^6 \text{ km}$$

(b) 木星の潮汐力による変形

(2) (a) 惑星内部で核が占める割合が大きいこと。

(b) 水星では大気も水も存在しないため、地表の侵食がほとんど起きなかったから。

(c) 水星の近日点距離を r_p 、遠日点距離を r_a とすると、ケプラーの第二法則から $r_p v_p = r_a v_a$ が成り立つ。
したがって、

$$\frac{v_p}{v_a} = \frac{r_a}{r_p} = \frac{1-e}{1+e}$$

となる、実際の値は右辺に離心率の値を代入すればよい。

答 $\frac{1-e}{1+e}$, 0.65

(d) 問題のエネルギーは距離の2乗に反比例するので、(c)で求めた距離の比を使用してエネルギーの比が計算できる。

答 $\left(\frac{1+e}{1-e}\right)^2$ 倍

第2問

問1

(1)(a) 領域A

理由 領域の上下の圧力差が等しいことから領域内の大気の重さは等しい。同じ重さの大気は、温度が高いほど密度が小さく体積が大きくなるから。

- (b) 陸地の地表面は放射冷却によって温度は下がるが、海洋は熱容量が大きいため、海面の温度は下がりにくく相対的に高温になる。すると、その上の大気も相対的に高温になって等圧面の間隔が大きくなるため、領域1が海面であると判断できる。

風の向き： 左向き

(c) 奥向き

- (d) 摩擦力が働く場合、力のつり合いより $F_p : F_v : F_c = 2 : 1 : \sqrt{2^2 - 1^2} = 2 : 1 : \sqrt{3}$ である。摩擦力が働かない場合、気圧傾度力とコリオリの力は等しい。風速はコリオリの力に比例するため、求める値は $\sqrt{3} \div 2 \approx 0.87$ 倍になる。

答 0.87 倍

(2)(a) 線分H 低気圧：領域F

(b) (c)

- (c) 低緯度側では出ていく地球放射より吸収する太陽放射の方が多く、熱が過剰となり、高緯度では逆となり熱が不足している。この過不足を補うように熱が輸送されており、北半球中緯度では偏西風波動によって、気圧の谷の東側は高温の空気を北西向きに輸送し、西側は低温の空気を南西向きに輸送している。

問2

- (1) 津波の速さを v 、重力加速度を g 、水深を h とすると、 $v = \sqrt{gh}$ が成立する。よって、 $h = \frac{v^2}{g}$ となる。

$$\text{E1 から S1 まで } (6.8 \times 10^6)^2 / (9.80 \times (8 \times 60 \times 60)^2) = 5.68 \dots \times 10^3 \quad 5.7 \times 10^3 \text{ m}$$

$$\text{E2 から S2 まで } (6.1 \times 10^6)^2 / (9.80 \times (8 \times 60 \times 60 + 40 \times 60)^2) = 3.90 \dots \times 10^3 \quad 3.9 \times 10^3 \text{ m}$$

- (2) プレートは海嶺で生産されて海溝に向かって移動するが、プレートは時間の経過とともに冷却され、リソスフェアの厚さが増して、アイソスタシーを保つように沈んでいく。つまり、海嶺から海溝に向かって海洋底年代が古くなり、海洋底の水深は増していく。E2-S2 間は東太平洋中央海嶺に近いので、水深が浅くなっている。一方、E1-S1 間は海溝に近いので、水深が深くなっている。

(3)(a) うねり

- (b) 波長： $9.80 \times 12 / (2 \times 3.14) \times 12 = 2.24 \dots \times 10^2 \quad 2.2 \times 10^2 \text{ m}$
 速さ： $9.80 \times 12 / (2 \times 3.14) = 1.87 \dots \times 10 \quad 1.9 \times 10 \text{ m/s}$

- (c) うねりは、水深に対して波長が短い表面波であるため、表面付近の海水しか運動せず、海底付近の海水は運動しない。

第3問

問1

(1) (a) $x_S = x_0 - Re_x, y_S = y_0 - Re_y, z_S = -Re_z$

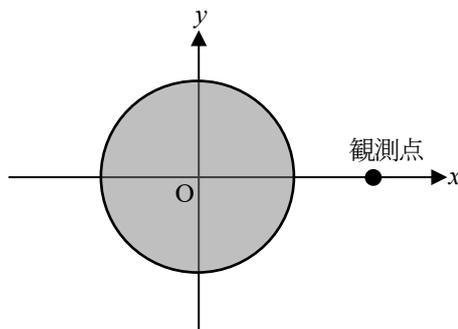
(b) 観測点にP波が到達する時間よりも、S波が地表に到達するまでにかかる時間が短い場合を考えればよい。

$$\frac{R}{v_p} > \frac{\sqrt{(x-x_s)^2+(y-y_s)^2+z_s^2}}{v_s} \quad \therefore (x-x_s)^2 + (y-y_s)^2 + z_s^2 < \left(\frac{Rv_s}{v_p}\right)^2$$

答 $(x-x_s)^2 + (y-y_s)^2 < \left(\frac{Rv_s}{v_p}\right)^2 - z_s^2$

(c) $x_s = y_s = 0$ なので、(b)の結果にこれを用いると、求める領域は、原点Oが中心で、半径 $\sqrt{\left(\frac{Rv_s}{v_p}\right)^2 - z_s^2}$

の円の内部になる。



(d) (c)の結果より、緊急地震速報が間に合わない地域の範囲を狭めるには、多数の観測点をできるだけ等間隔に設置して、円の範囲を狭めればよい。

(2) (a) 一般に、マグニチュードが大きいほど断層の長さが長いので、地表面で揺れが継続する時間は長くなる関係にある。

(b) A : 引き波 B : 押し波 C : 引き波 D : 押し波

(c)



(d) 観測点 A : $\frac{L}{v_r} + \frac{r_1}{v_p} - \frac{r_2}{v_p} = \frac{L}{v_r} + \frac{1}{v_p}(r_1 - r_2) \cong \frac{L}{v_r} + \frac{L}{v_p}$

観測点 B : $\frac{L}{v_r} + \frac{r_2}{v_p} - \frac{r_1}{v_p} = \frac{L}{v_r} - \frac{1}{v_p}(r_1 - r_2) \cong \frac{L}{v_r} - \frac{L}{v_p}$

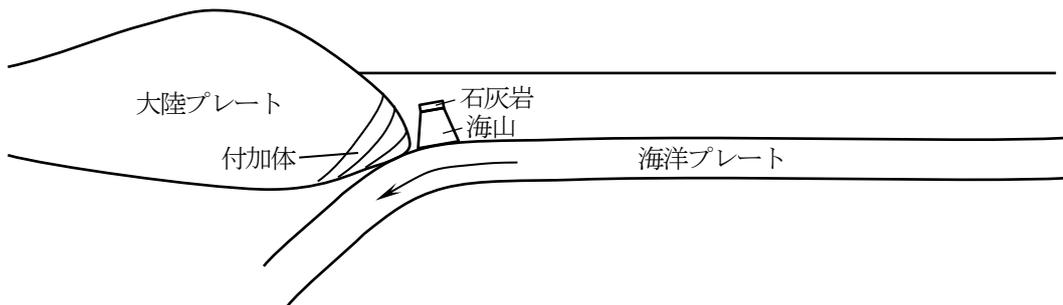
断層のずれの移動方向側にある観測点では、ずれの移動方向と反対側の観測点に比べて、揺れの継続時間は短くなる。

問2

(1) ア 付加体 イ 中央構造線 ウ フィリピン海

(2) 熱帯域の島周辺のさんご礁(12字)

海洋プレートの移動に伴って熱帯域の島にのった石灰岩が北上し、海溝で沈み込んで、付加体の中に取り込まれた。



(3) (a) P 砂岩・泥岩 R チャート S 玄武岩

(b) 粒子の起源：有孔虫や円石藻などの炭酸塩の生物遺骸，火山灰などの風成塵

理由：海洋プレートの移動に伴って、CCD よりも浅い海底の領域に入ると炭酸塩の生物遺骸が堆積し、さらに陸に近づき火山から噴出した火山灰などが風によって運ばれ、風成塵として堆積する。

(c) 地点D

理由：四万十帯は南側ほど形成年代が新しく、付加された時期も新しいため、岩石種の年代が最も新しい地点Dが最も南側に位置すると考えられるから。

(d) 地点Dでは岩石種Rが形成された期間が短いため、白亜紀後期には移動する海洋プレートの速さが大きくなったと考えられる。

(e) 地点A, 地点Dにおける地殻熱流量を q_A, q_D , 海洋プレートの年齢を t_A, t_D , 地温勾配を G_A, G_D とすると, $t_A=64$ [百万年], $t_D=25$ [百万年] と読み取れるので,

$$q_A = \frac{0.5}{\sqrt{t_A}} = \frac{0.5}{\sqrt{64}} = 0.0625 \text{ [W/m}^2\text{]}, \quad q_D = \frac{0.5}{\sqrt{t_D}} = \frac{0.5}{\sqrt{25}} = 0.1 \text{ [W/m}^2\text{]}$$

$$G_A = \frac{0.0625}{2.0} \times 1000 = 31.25 \text{ [}^\circ\text{C/km]}, \quad G_D = \frac{0.1}{2.0} \times 1000 = 50 \text{ [}^\circ\text{C/km]}$$

である。海底面の温度は 0°C で、変成作用を受ける温度は 150°C なので、岩石が沈み込んだ深さを d_A, d_D とすると,

$$d_A = (150 - 0) \div 31.25 = 4.8 \text{ [km]}, \quad d_D = (150 - 0) \div 50 = 3.0 \text{ [km]}$$

答 地点A : 4.8 km, 地点D : 3.0 km