

第1問

問1

$$(1) \frac{1}{0.0025} = 400 \quad \frac{1}{0.00078} \approx 1282 \quad \text{答 星団 A : } 4.0 \times 10^2 \text{ パーセク} \quad \text{星団 B : } 1.3 \times 10^3 \text{ パーセク}$$

$$(2) \text{星団 A : } 1 \times 10^8 \quad \text{星団 B : } 2 \times 10^{14}$$

$$(3) 2 \times 10^{-14} \times 4\pi \times (1.3 \times 10^3 \times 3.1 \times 10^{16})^2 \approx 4.08 \times 10^{26} \quad \text{答 } 4 \times 10^{26} \text{ W}$$

$$(4) \text{問題の上の式で } L=L_S \text{ とすると } M=M_S \text{ となり式の条件とも矛盾しない。} \quad \text{答 1倍}$$

(5) 主系列星の寿命は明るいほど短いため、星団の年齢より短い寿命の主系列星は現在までに主系列を離れている。したがって、現在残っている最も明るい主系列星の寿命が星団の年齢を表す。

(6) 星団 B は太陽の寿命と同程度の年齢で比較的古いが、表面温度が高い主系列星が存在している星団 A は若いいため、星団 A が散開星団であると考えられる。

問2

(1) A : 対流 B : 磁場 C : オーロラ

$$(2) \text{ピーク波長を } \lambda \text{ とすると, } \lambda \times 2 \times 10^6 = 5.0 \times 10^{-7} \times 5.8 \times 10^3 \text{ より, } \lambda = 1.45 \times 10^{-9}$$

答 $1.5 \times 10^{-9} \text{ m}$

(3) ア : ③ イ : ④

(4) (a) 太陽が 1.0×10^{10} 年の間に失う質量は、次の式で計算される。

$$1.6 \times 10^{-20} \times 4.0 \times 10^5 \times 4\pi \times (1.5 \times 10^{11})^2 \times 3.2 \times 10^7 \times 1.0 \times 10^{10} \approx 5.79 \times 10^{26} \text{ kg}$$

$$\frac{5.79 \times 10^{26}}{2.0 \times 10^{30}} \times 100 \approx 2.89 \times 10^{-2}$$

答 $3 \times 10^{-2} \%$ (b) 太陽圏の半径を r パーセクとすると、次の式が成り立つ。

$$\frac{1.6 \times 10^{-20} \times (4.0 \times 10^5)^2}{r^2} = 1.0 \times 10^{-13} \quad \therefore r = \sqrt{1.6 \times 10^{-7}} \times 4.0 \times 10^5 = 1.6 \times 10^2$$

答 2×10^2 天文単位

(5) 順序 : デリンジャー現象の次に磁気嵐が起きる。

理由 : 磁気嵐は光速より遅い荷電粒子によって起きるが、デリンジャー現象は光速で伝わる紫外線や X 線で起きるため。

第2問

問1

(1) ア:凝結 イ:過冷却 ウ:冷たい

(2)(a) $t = 0$ において $L = 0$ であり, 単位時間あたりの L の変化量が一定であることから, $L = \frac{a(p_w - p_i)t}{T}$ である。これに数値を代入すると,

$$800 = \frac{400 \times (2.25 - 1.99)t}{260} \quad \therefore t = 2.0 \times 10^3$$

$$\text{答 } L = \frac{a(p_w - p_i)t}{T} \quad 2.0 \times 10^3 \text{ 秒}$$

(b) $U = k \cdot L$ より, 単位時間あたりの速度の増加量は一定である。よって, $t = 0.5 t_1$ の速度が平均速度である。したがって, $\langle U \rangle = \frac{k \cdot a(p_w - p_i) \cdot 0.5 t_1}{T}$ である。 $L = \frac{a(p_w - p_i)t}{T}$ より,

$$\langle U \rangle = \frac{k \cdot a(p_w - p_i) \cdot 0.5 t_1}{T}$$

$$= 0.5 k \times L = 0.5 \times 1.2 \times 10^3 \times 10^{-6} \times 800 = 4.8 \times 10^{-1}$$

よって, 落下する距離は, $4.8 \times 10^{-1} \times 2.0 \times 10^3 = 9.6 \times 10^2 \text{ m}$

$$\text{答 } \langle U \rangle = \frac{k \cdot a(p_w - p_i) \cdot 0.5 t_1}{T} \quad 9.6 \times 10^2 \text{ m}$$

(c) $L = 800 \mu\text{m}$ の氷晶が x 個の水滴からできたとすると, 質量が等しいことから, 次式が成立する。

$$b \cdot L^2 = x \rho_w \times \frac{4}{3} \pi r^3 \quad x = \frac{3 \times 2.3 \times 10^{-14} \times 800^2}{4 \times 3.14 \times 4.0^3 \times 10^3 \times 10^{-18}} = 5.5 \times 10^4$$

$$\text{答 } 5.5 \times 10^4 \text{ 個}$$

(3) 1個の氷晶は大量の水滴からの蒸発した水蒸気をもとに成長するので, 氷晶に対して水滴の数が同程度になった場合, 1個の氷晶あたりの水滴から蒸発した水蒸気量が圧倒的に不足し, 氷晶の大きさは非常に小さいものになると考えられる。

問2

(1) ア:貿易風 イ:北 ウ:南 エ:水温躍層

(2) 北太平洋の時計回りの亜熱帯環流によってコリオリの力が亜熱帯環流の内側に向かって働き, 北緯15度から北緯35度の亜熱帯環流の内側では海水密度の小さい高温の海水の層が厚くなる。そのため, 亜熱帯環流の内側では, 海面高度が高くなり, 高温の海水が下層にまで到達している。

(3) 時計回りの亜熱帯環流によって, 北太平洋西部では低緯度から高温の海水が北に向かって運ばれ, 東に向かって運ばれるうちに熱を放出して冷えていくため, 等温線は東に向かって傾く。

- (4) 北緯40度より北では、反時計回りの循環が形成され、北太平洋西部では高緯度から低温の海水が南向きに運ばれ、東に向かって運ばれるうちに太陽放射を受けて温度を上げていると推測される。そして北太平洋東部で温暖になった海水が北向きに運ばれる。よって、正味の熱輸送は北向きであると考えられる。

第3問

問1

(1) ア：境界(収束境界) イ：逆 ウ：深発地震 エ：和達—ベニオフ帯(和達—ベニオフ面)

(2) (a) 曲線1

$$t = \frac{\sqrt{(160-x)^2 + 30^2}}{6.0}$$

曲線2

P波速度が 6.0 km/s である層を通過する時間と 8.5 km/s である層を通過する時間を足し合わせると、走時曲線の折れ曲がり点以遠の走時になるので、

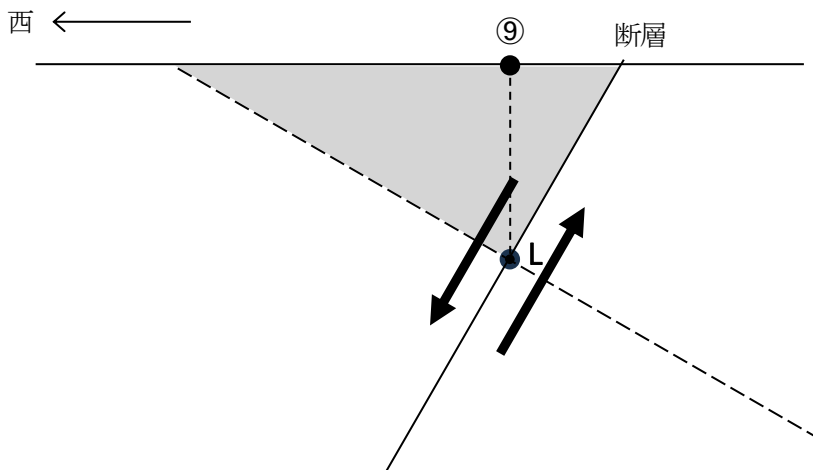
$$t = \frac{10\sqrt{2} + 40\sqrt{2}}{6.0} + \frac{(160-x) - (10+40)}{8.5} = -\frac{1}{8.5}x + \frac{50\sqrt{2}}{6.0} + \frac{110}{8.5}$$

が得られる。これを整理すると、求める走時の式は、傾きが -1.2×10^{-1} 、切片が 2.5×10 である下の式になる。

$$t = -1.2 \times 10^{-1} \times x + 2.5 \times 10$$

(b) 観測点：⑨, ⑩, ⑪

震源断層は西に 60° 傾斜している正断層であるので、断層面の傾斜方向とその法線方向に挟まれた、観測点⑨から東側へ $30 \times \tan 30^\circ = 17.4$ km まで、西側へ $30 \div \tan 30^\circ \approx 51.7$ km までの範囲(図の灰色の部分)では、P波初動の引き波が観測されるから。



(3) (a) 伝播経路：㊦ 観測点①：押し波

(b) ⑦, ⑧, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫

問2

(1) ア：東西 イ：北 ウ：45 エ：28

(2) 鍵層

- ・広い範囲に分布していること。
- ・短期間に堆積していること。

(3) 泥岩

(4) (a) ヌムリテス(カヘイ石)

(b) 中生代以前にH層が堆積し、中生代-新生代境界の時期にG層が堆積した。新生代に入って、F層・E層・D層が順に堆積した後、地殻変動によって北に傾斜した。その後、B層が水平に堆積して下位の地層を不整合に覆い、新第三紀-第四紀境界の時期に岩脈Cが貫入し、第四紀にA層が水平に堆積してB層を不整合に覆った。

(5) 求める形成年代を t として、

$$1 - 0.4 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{7.0 \times 10^8}}$$

両辺の常用対数をとって整理すると、

$$\begin{aligned} \log_{10} 2 + \log_{10} 3 - 1 &= -\frac{t}{7.0 \times 10^8} \times \log_{10} 2 \\ t &= -\frac{0.78 - 1}{0.30} \times 7.0 \times 10^8 \approx 5.1 \times 10^8 \end{aligned}$$

答 5×10^8 年