

2024年 第3回東大本番レベル模試・地学

解答・解説・採点基準

全3問 75分 60点満点

第1問 (20点)

【解答・採点基準】

問1

- (1) 銀河 A 内のケフェウス座 δ 型変光星の見かけの等級は、近傍のケフェウス座 δ 型変光星の絶対等級より約 18.5 等暗い。よって、銀河 A までの距離を d [パーセク] とすると、

$$\log_{10} \left(\frac{d}{10} \right) = \frac{18.5}{5} = 3.7$$

を満たし、

$$\log_{10} d = 4.7 = \log_{10} 10^5 - \log_2 2 = \log_{10} (5 \times 10^4)$$

より、 $d = 5 \times 10^4$ [パーセク] である。

- (2) 太陽が1年間に放射するエネルギーを E_{\odot} とすると、

$$E_{\odot} = \sigma T_{\odot}^4 \times 4\pi R_{\odot}^2 \times (3.2 \times 10^7 \text{ s}) \doteq 1.5 \times 10^{34} \text{ J}$$

であるから、超新星爆発の総エネルギーは太陽が放射するエネルギーの $\frac{2 \times 10^{46} \text{ J}}{E_{\odot}} \doteq 1 \times 10^{12}$ [年分] に相当する。

- (3) 超新星爆発によってもたらされた物質を多く含む星間物質によりつくられ、重元素を多く含む恒星を種族 I という。宇宙の初期に誕生した、重元素の少ない恒星を種族 II という。

問1 10点

- (1) 2点

*等級が5等級小さくなると恒星の明るさが100倍になることに着目して解答をみちびくための合理的な立式

$$\left(\log_{10} \left(\frac{d}{10} \right) = 3.7 \text{ など} \right) \text{ ができて}$$

1点。

*正答に1点。ただし、単位が「パーセク」以外の場合は正答とは認めない。

- (2) 2点

*太陽エネルギーの立式に1点。

*正答に1点。ただし、単位が「年」以外の場合は正答とは認めない。

- (3) 2点

*種族 I が超新星爆発によってもたらされた物質を多く含み、重元素を多く含む恒星ということを書いて1点。

*種族 II は、重元素が少ないことを述べて1点。

(4)

銀河 A までの距離は、km を単位とすると

$$5 \times 10^4 \text{ パーセク} = 5 \times 10^4 \times (3.1 \times 10^{16} \text{ m}) = 1.55 \times 10^{18} \text{ km}$$

である。また、衝撃波の広がり、ラジアン/s を単位とすると、

$$0.02 \times \frac{4.8 \times 10^{-6}}{3.2 \times 10^7} = 3.0 \times 10^{-15}$$

より、 3.0×10^{-15} ラジアン/s である。

よって、衝撃波の速度は、

$$(1.55 \times 10^{18}) \times (3.0 \times 10^{-15}) = 4.65 \times 10^3 \doteq 5 \times 10^3$$

より、 5×10^3 km/s である。

(5)

パルサー

問 2

(1)

(a)

$0.5M_{\odot}$: 800 億年, $2M_{\odot}$: 12.5 億年

(b)

質量光度関係より質量光度比は光度の $-\frac{3}{4}$ 乗に比例するため、質

量光度比が大きいほどその恒星の表面温度は低い。よって、ウィーンの変位則よりピーク波長は長くなるので、長波長側が相対的に明るくなる。

(2)

(a)

$0.5M_{\odot}$: 100%, M_{\odot} : 50%, $2M_{\odot}$: 0%

(b)

75 億年前 : 0.72, 現在 : 2.4

(c)

(1)(b)の結果より、質量光度比が小さいほど短波長側が強く、大きいほど長波長側が強い。(b)の結果より、質量光度比は次第に大き

(4) 2点

*銀河 A までの距離を求めて 1 点。

*正答に 1 点。ただし、単位が km/s 以外の場合は正答とは認めない。

(5) 2点

*「パルサー」と答えて 2 点。

問 2 10点

(1) 4点

(a) 2点

* $0.5M_{\odot}$ の恒星における寿命の正答に 1 点。

* $2M_{\odot}$ の恒星における寿命の正答に 1 点。

(b) 2点

*根拠(質量光度比は光度の $-\frac{3}{4}$

乗に比例するなど)をもとに質量光度比が大きくなるほど恒星の表面温度が低くなることを述べて 1 点。

*ウィーンの変位則より長波長側が明るくなることを述べて 1 点。

(2) 6点

(a) 1点

*完答で 1 点。

(b) 2点

*75 億年前の質量光度比の正答に 1 点。

*現在の質量光度比の正答に 1 点。

(c) 2点

*質量光度比が大きくなっていることを述べて 1 点。

くなっていくので、時間の経過につれて長波長側が相対的に明るくなる。

(3)

渦巻銀河 B は、楕円銀河 A と異なり、現在に至るまで一定のペースで恒星が作られ続けている。

*波長側が相対的に明るくなることに 1 点。

(3) 1 点

*渦巻銀河 B では、現在まで一定のペースで恒星が作られ続けていることに 1 点。

第2問 (20点)

【解答・採点基準】

問1

- (1) 海塩粒子などのエアロゾルが凝結核として作用する

- (2)
(ア) : $4\pi\rho_w R^2 \Delta R$
(イ) : -1
(ウ) : 小さい

- (3)
(a) 終端速度を v_f とする。つり合いの式

$$\frac{4}{3}\pi\rho_w r^3 g = \frac{\pi C \rho_a r^2 v_f^2}{2} \text{ より,}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{8\rho_w r g}{3C\rho_a}}$$

- (b) 水滴の大きさがばらつくと落下速度もばらつくため、速い水滴が遅い水滴に追いついて水滴同士がまとまりやすくなるから。

- (4) 大気は過冷却水滴に対しては未飽和、氷晶に対しては過飽和な状態になっているため、過冷却水滴からは蒸発が進んで水蒸気が大気中に供給され、氷晶は大気中の水蒸気が昇華することで成長する。

- (5) 湿度が低いと氷晶が昇華して大気中に水蒸気が供給されるが、このときに潜熱(昇華熱)が奪われることで氷晶は冷却され、とけにくくなるから。

問1 10点

- (1) 1点
*大気中にエアロゾル(この言葉を明示する必要はない)が存在することに触れていれば幅広く許容し、1点を与える。

- (2) 2点
*全て正解で2点、2つ正解で1点、正解が1つ以下の場合加点しない。

- (3) 3点
(a) 2点
*力のつり合いを正しく立式して1点。
*正答に1点。

- (b) 1点
*水滴の大きさがばらつくことによって落下速度にもばらつきが生じることに触れていれば1点。

- (4) 2点
*氷晶と過冷却水滴について過飽和・未飽和の対応を正しく述べて1点。
*氷晶と過冷却水滴に生じる状態変化(昇華・蒸発)の対応を正しく述べて1点。

- (5) 2点
*低湿度状態で「氷晶から大気へと水蒸気が供給される」ことを述べて1点。

問 2

(1)

- (ア) : 黒潮 (イ) : 湧昇 (ウ) : 低い
(エ) : 顕熱 (オ) : 流水(海水)

(2)

冬季は海面の冷却により海面付近がよく混合されて表層混合層が厚くなる一方、夏季は海面の加熱により表層混合層が薄くなり、その下に水温が急激に変化する季節水温躍層が発達する。

(3)

(a)

台風により表層付近の海水が鉛直方向に混合されたから。/台風により海面での蒸発が活発になり、潜熱が奪われたから。/台風に伴う風によって冷たい海水が湧昇したから。

(b)

図 2-7 から読み取れる海面水温は約 27°C と、地上平均気温とほぼ等しいことが分かる。顕熱輸送量はこれらの温度差の大きさに比例するため、顕熱輸送は非常に弱かったと考えられる。

*氷晶から大気へと水蒸気が供給される際に「潜熱(昇華熱)が奪われる」ことを述べて 1 点。

問 2 10 点

(1) 4 点

*アに 1 点。

*イウの完答に 1 点。

*エに 1 点。

*オに 1 点。

(2) 3 点

*冬季は海面の冷却により表層混合層が厚いことに言及して 1 点。

*夏季は海面の加熱により表層混合層が薄くなることに言及して 1 点。

*夏季は季節水温躍層が発達することに言及して 1 点。

(3) 3 点

(a) 1 点

*台風の

- ・かき混ぜ効果
- ・蒸発による潜熱吸収
- ・風による冷たい海水の湧昇のいずれかに言及して 1 点。

(b) 2 点

*海面水温と地上気温がほぼ等しいことに言及して 1 点。

*温度差が小さいために顕熱輸送量は非常に弱かった(ほぼゼロだった、といった表現も可)と考えられることを結論付けて 1 点。

第3問 (20点)

【解答・採点基準】

問1

(1)

(ア) : 平均海水面 (イ) : 200

(ウ) : アイソスタシー

(2)

$9.7 \times 10^{-1} \%$

(3)

フリーエア補正：高度が大きくなると地球の中心から離れていくが、この影響を補正するために、ジオイド上での高度に重力の実測値を変換する。

地形補正：地形の凹凸による引力の影響を取り除いて補正する。

(4)

(a)

山地では地殻とマンツルの境界が深くなっており、密度の小さい物質が存在するためブーゲー異常は負に、海洋ではジオイド面の近くまでマンツルが迫っており、密度の大きい物質が存在するためブーゲー異常は正になる。

(b)

Cで囲まれた東北地域の地下では、密度の高い太平洋プレートが沈み込んでいるためブーゲー異常は

問1 10点

(1) 2点

*すべて正解で2点。2つ正解で1点。それ以外は0点。

(2) 2点

*正答に2点。ただし、単位が%以外の場合は正答とは認めない。

*最終的な数値が間違っているも赤道と極での重力についてそれぞれ立式(文字式でも可)できていれば1点。

(3) 2点

*フリーエア補正の正しい説明に1点。文章説明が不足していても図で正しく説明してれば正解。

*地形補正の正しい説明に1点。文章説明が不足していても図で正しく説明してれば正解。

(4) 4点

(a) 2点

*山地では地殻とマンツルの境界が深く密度の小さい物質が存在するため、ブーゲー異常が負になることに1点。

*海洋ではジオイド面の近くまでマンツルが迫っており大きい物質が存在するため、ブーゲー異常が正になることに1点。

(b) 2点

*太平洋プレートが沈み込んでいることに言及して1点。

正になる。

問 2

(1)

(a)

④

(b)

G層由来の礫の残留磁気はランダムな方向を向いているため、G層の残留磁気は初生磁気であると判断される。H層由来の礫の残留磁気はすべて同じ方向を向いているため、H層の残留磁気は二次的な磁化によると判断される。

(2)

(a)

残留磁気的全磁力が強い部分は地磁気の向きが現在と同じ期間に形成された岩石で、全磁力が弱い部分は地磁気の向きが現在と逆の期間に形成された岩石。

(b)

5 cm/年(4 cm/年も可)

(c)

30 万年(3×10^5 年)

(3)

温暖化により極域の温度が上昇し、海水が沈み込めず海洋循環が停止して、表層の酸素が海底に運ばれず海洋無酸素事変が起こった。その結果、プランクトン等の死骸が分解されずに堆積し、続成作用を経て石油が形成された。

*沈み込んでいる太平洋プレートの密度が高いため、ブーゲー異常が正になることに言及して 1 点。

問 2 10 点

(1) 3 点

(a) 1 点

*正答に 1 点。

(b) 2 点

*G層由来の礫の残留磁気はランダムな方向を向いているため、G層の残留磁気は初生磁気であることに言及して 1 点。

*H層由来の礫の残留磁気はすべて同じ方向を向いているため、H層の残留磁気は二次的な磁化によることに言及して 1 点。

(2) 5 点

(a) 1 点

*全磁力の強い部分と弱い部分のそれぞれがどの時期に対応しているか正しく述べて 1 点。

(b) 2 点

*正しい立式に 1 点。

*正答に 1 点。

(c) 2 点

*正答に 2 点。

(3) 2 点

*温暖化により極域の温度が上昇し、海水が沈み込めず海洋循環が停止して、表層の酸素が海底に運ばれず海洋無酸素事変が起こったことに言及して 1 点。

*海洋無酸素事変の結果、プランクトン等の死骸が分解されずに堆積し、続成作用を経て石油が形成されたことに言及して 1 点。

