

# 第5回天文学オリンピック

## 予選問題

試験時間：90 分

### 注意事項

- 問題は問 1～問 35 まであり、小問は全部で 41 問ある。試験開始後、まずはじめにすべての問題に目を通すことを推奨する。
- すべての小問には、解答番号が振られている (例: 99)。解答番号を参考に、解答フォームの対応する欄を確認して解答すること。解答番号と問の番号は必ずしも対応しないので注意すること。

例：問 8 (1), 問 8 (2) の解答番号はそれぞれ 8, 9 である。

- 断りの無い限り、以下の記号はそれぞれ次の単位を表すものとする。

|            |      |             |      |
|------------|------|-------------|------|
| deg (°)    | 度    | pc          | パーセク |
| arcmin (') | 分角   | ly          | 光年   |
| arcsec (") | 秒角   | au          | 天文単位 |
| rad        | ラジアン | $R_{\odot}$ | 太陽半径 |
|            |      | $M_{\odot}$ | 太陽質量 |

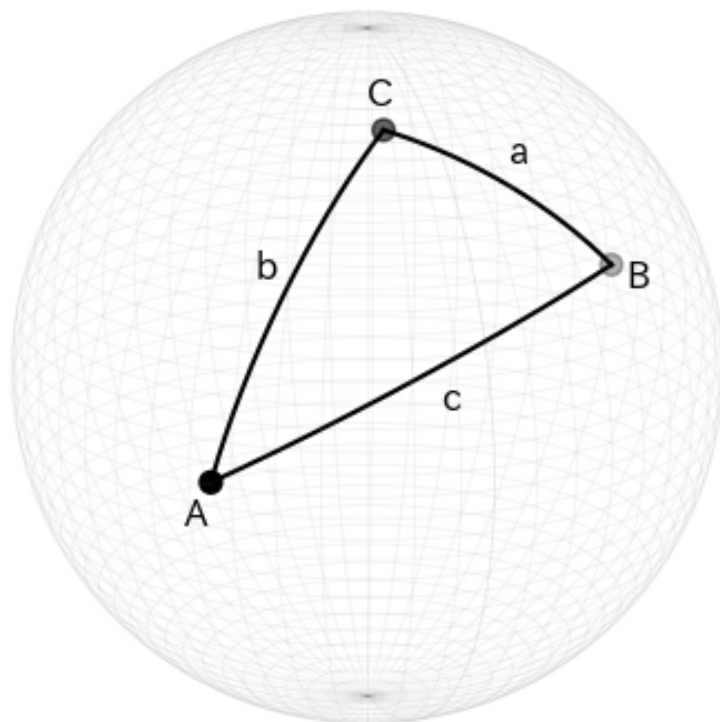
# 球面三角法の公式集

下図に示した球面上の三角形 ABC について, 以下の式が成立する:

$$\frac{\sin a}{\sin A} = \frac{\sin b}{\sin B} = \frac{\sin c}{\sin C}$$

$$\cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A$$

$$\sin a \cos B = \cos b \sin c - \sin b \cos c \cos A$$



問 1. 1 pc の定義として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。

1

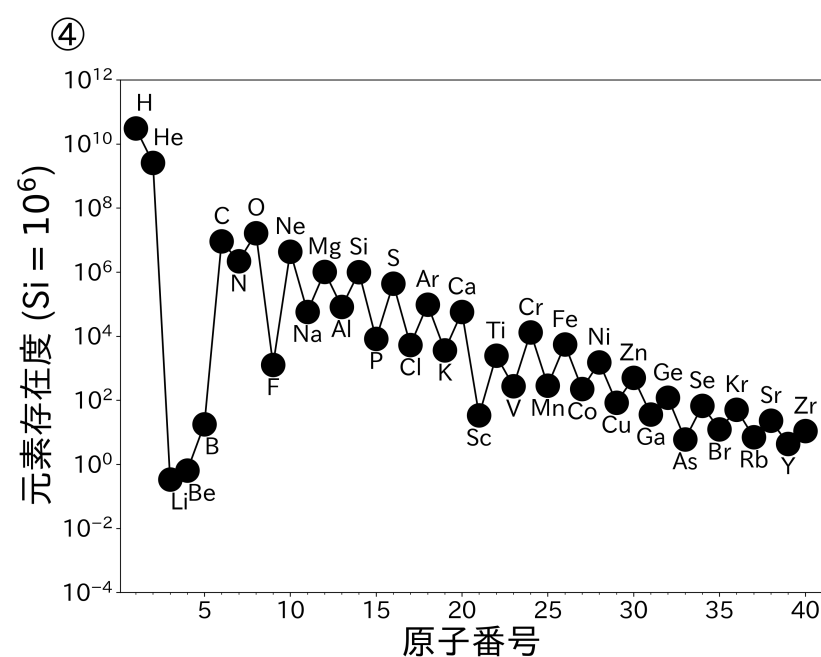
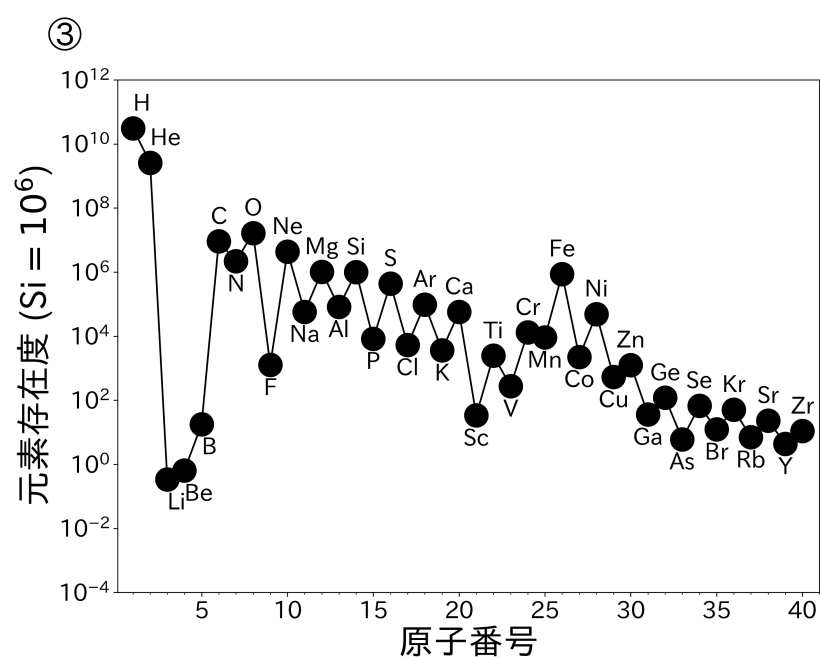
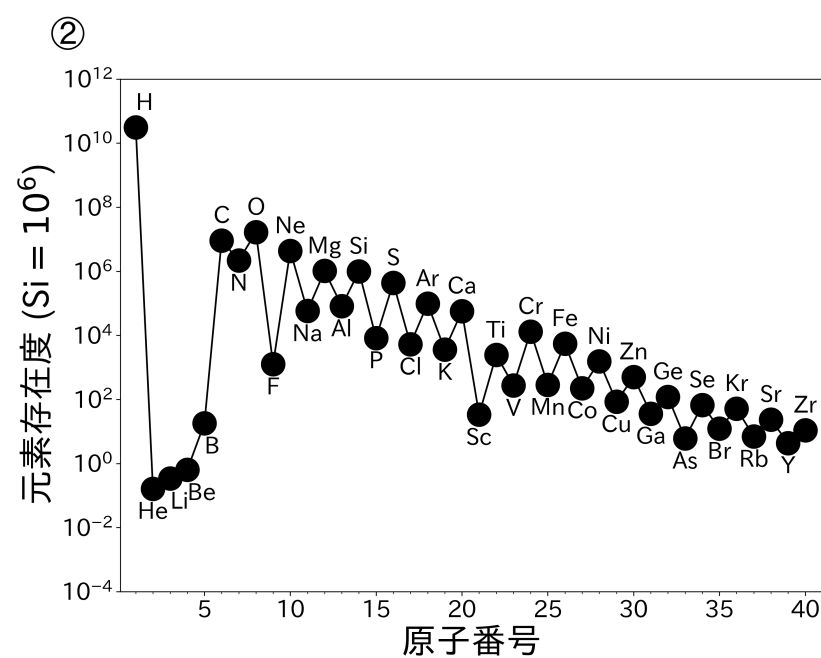
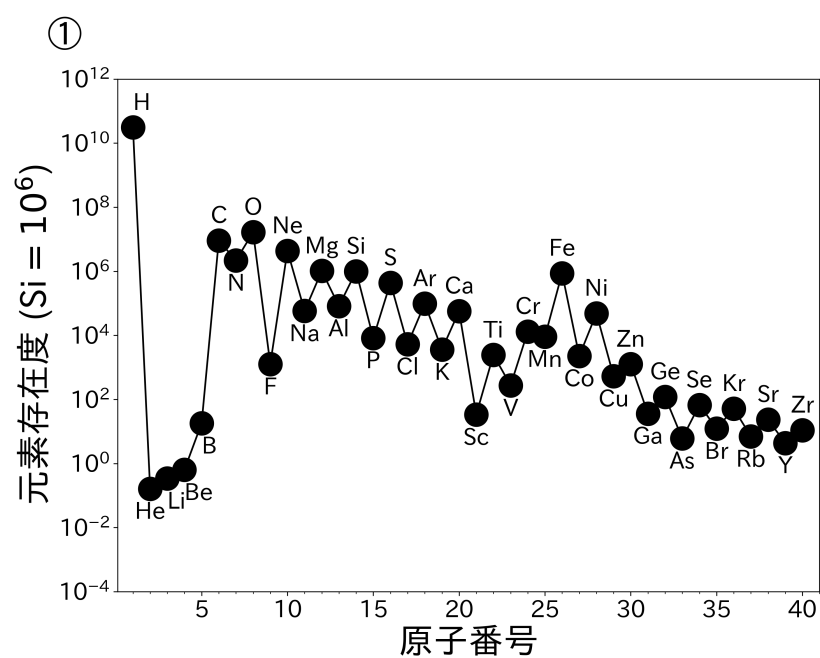
- ① 年周視差が 0.1 秒角となる距離
- ② 年周視差が 1 秒角となる距離
- ③ 1 光年と等しい距離
- ④ 太陽から地球までの平均距離

問 2. 国際天文学連合 (IAU) によって定められた星座の略符と, 日本における一般的な星座の名前の組合せとして最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 

|   |
|---|
| 2 |
|---|

|   | 略符  | 星座名      |
|---|-----|----------|
| ① | Sgr | ペガサス座    |
| ② | Equ | こうま座     |
| ③ | Cen | いっかくじゅう座 |
| ④ | Mon | ケンタウルス座  |

問 3. 太陽系における原子番号 40 までの元素の存在度を原子番号ごとに示した図として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 3



問 4. 地球から観測したときの天体の明るさを表す指標として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 

|   |
|---|
| 4 |
|---|

- ① 絶対等級
- ② 実視等級
- ③ 光度
- ④ 見かけの等級

問 5. 太陽系の衛星について述べた文として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 

|   |
|---|
| 5 |
|---|

- ① 惑星の自転と逆向きに公転する衛星は発見されていない。
- ② 月とイオは同程度の公転周期と軌道長半径を持つ。
- ③ 母天体に対する衛星の質量比が最も大きい衛星はガニメデである。
- ④ 月は自転と公転が同期しており, 半球ごとに異なる表面組成を持つ。

問 6. 宇宙マイクロ波背景放射は、宇宙の大きさが現在の約  $1/1090$  倍であった時期に放射された電磁波であり、現在の宇宙において表面温度  $3\text{ K}$  の物質からの黒体放射に似たスペクトルを示す。宇宙マイクロ波背景放射が放射された時期の宇宙の温度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

6

- ①  $3\text{ K}$                       ②  $100\text{ K}$                       ③  $3000\text{ K}$                       ④  $100000\text{ K}$



問 7. 以下の表 1 に示した赤緯・赤経に位置する恒星 A, B の離角として最も適当なものを, 後の①～④のうちから一つ選べ。 7

表 1: 恒星 A, B の赤道座標

|      | 赤経  | 赤緯           |
|------|---|--------------|
| 恒星 A | 12 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> | 60° 00' 00'' |
| 恒星 B | 12 <sup>h</sup> 02 <sup>m</sup> 00 <sup>s</sup> | 60° 20' 00'' |

- ① 20 分角
- ② 25 分角
- ③ 36 分角
- ④ 63 分角

問 8. ベラ・C・ルービン天文台は 2025 年より観測を開始した天文台であり, 可視光域で非常に広視野・高頻度の撮像観測を得意とする。ベラ・C・ルービン天文台に関して, 以下の問いに答えよ。

- (1) ベラ・C・ルービン天文台で利用されている撮像装置 (カメラ) である LSST Camera が一回に撮像できる領域 (視野) の大きさは約 9.6 平方度である。一方で, ジェイムズウェッブ宇宙望遠鏡 (JWST) の撮像装置である NIRCam の視野の大きさは約 9.7 平方分角である。立体角で比較するとき, LSST Camera の視野は NIRCam の視野の何倍大きいのか。最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 8

①  $5.9 \times 10^1$  倍    ②  $3.6 \times 10^3$  倍    ③  $2.1 \times 10^5$  倍    ④  $1.3 \times 10^7$  倍

- (2) LSST Camera は 30 秒の観測時間で 22 等級までの天体を検出可能であり, NIRCam は 2500 秒の観測時間で 28 等級までの天体を検出可能である。検出可能な天体の最も暗い天体の明るさは観測時間の二乗根に反比例するものとするとき, 検出可能な最も暗い天体の明るさが同程度となるように撮像観測を行うことを考えると, LSST Camera は NIRCam に比べて何倍の時間が必要となるか。最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 9

① 1.2 倍                      ② 3.0 倍                      ③  $1.2 \times 10^2$  倍    ④  $7.6 \times 10^2$  倍

問 9. 惑星が液体の水を保持できる領域をハビタブル・ゾーンと呼ぶことがある。ここでは、主系列星を周回する地球に似た惑星が液体の水を保持できる条件を考えよう。

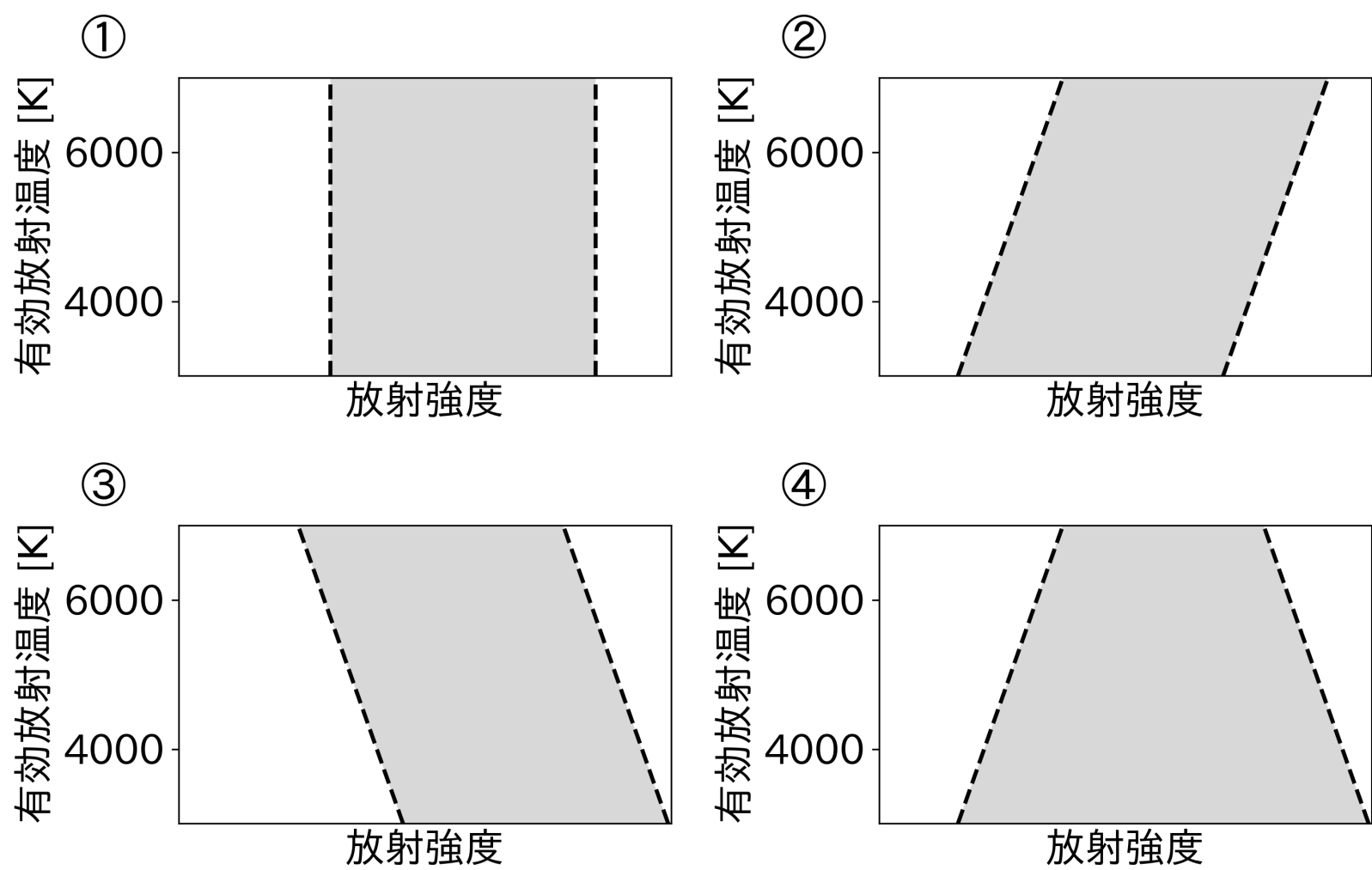
- (1) 簡便な指標として、ハビタブル・ゾーンの内側境界と外側境界をそれぞれ、惑星の放射平衡温度が  $270\text{ K}$  および  $175\text{ K}$  となる位置として定義する。地球の放射平衡温度が  $255\text{ K}$  であるとき、それぞれの境界に対応する放射強度 (単位時間・単位面積あたりに受け取る放射エネルギー) はいくらか。地球での値 (すなわち太陽定数)  $S_{\oplus}$  を単位として求め、それぞれの境界での値の組合せとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、惑星のアルベドは等しいとみなせるものとする。

10

|   | 内側境界             | 外側境界             |
|---|------------------|------------------|
| ① | $1.1 S_{\oplus}$ | $0.2 S_{\oplus}$ |
| ② | $1.1 S_{\oplus}$ | $0.5 S_{\oplus}$ |
| ③ | $1.3 S_{\oplus}$ | $0.2 S_{\oplus}$ |
| ④ | $1.3 S_{\oplus}$ | $0.5 S_{\oplus}$ |

(2) 実際には、惑星の表面温度は主星のスペクトルにも強く影響される。一般に、主星からの放射の波長が長いほど、大気によるレイリー散乱が弱くなり、さらに大気中の水蒸気や二酸化炭素による吸収が強くなることで、結果として惑星のアルベドは小さくなる。このことを踏まえ、異なる有効放射温度を持つ主系列星について、惑星の放射平衡温度を一定範囲に保つような放射強度の範囲を示したスケッチとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、横軸の放射強度は右に行くほど大きくなるように描かれていることに注意せよ。

11



問 10. 以下の図 1 中に, 同じ天域を口径 8.2 m の地上望遠鏡 A および口径 1.2 m の宇宙望遠鏡 B を用いて撮影した画像を示した。ただし観測波長は  $1\text{ }\mu\text{m}$  程度でほぼ同一である。図 1 について述べた下の文章中の空欄 [ ア ], [ イ ] に当てはまる語や値の組合せとして最も適当なものを, 後の ①～④ のうちから一つ選べ。

12

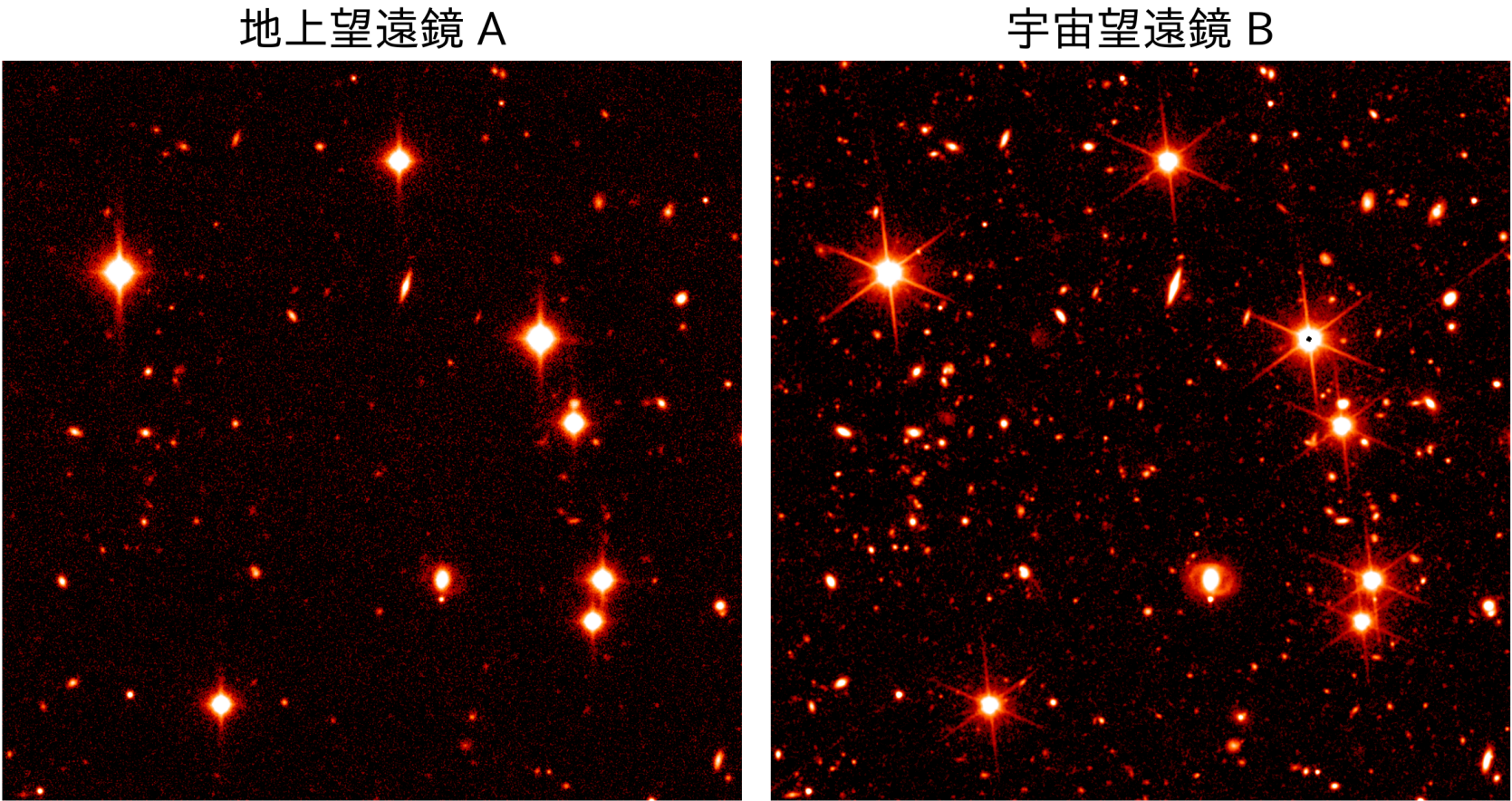


図 1: 地上望遠鏡 A と宇宙望遠鏡 B で撮像した同波長帯・同天域の画像 (Credit: NAOJ / HSC Collaboration, ESA Euclid/Euclid Consortium/NASA/Q1-2025)

地上望遠鏡 A の方が宇宙望遠鏡 B より口径は大きいものの, 地上にあるために [ ア ] の影響を受けるため, 空間分解能は低くなる。点光源から放射状に伸びる光条のパターンは, 地上望遠鏡 A では 4 方向に伸びているが, 宇宙望遠鏡 B では 6 方向に伸びている。この違いは, [ イ ] が原因である。

|   | [ ア ]   | [ イ ]    |
|---|---------|----------|
| ① | 大気の揺らぎ  | 大気の揺らぎ   |
| ② | 大気の揺らぎ  | スパイダーの形状 |
| ③ | 大気による吸収 | 大気の揺らぎ   |
| ④ | 大気による吸収 | スパイダーの形状 |

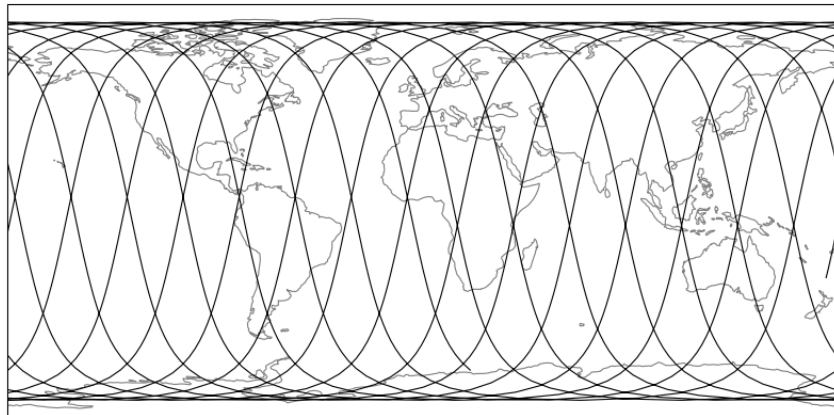
問 11. 主系列星に関する記述として適当でないものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 13 |
|----|

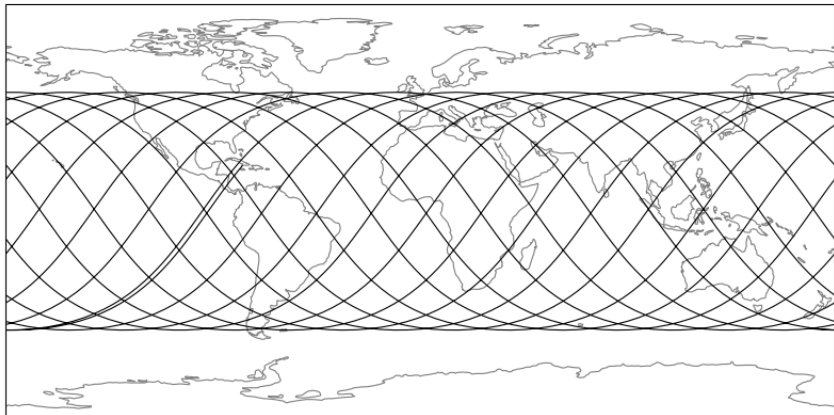
- ① 質量が大きい主系列星ほど短い寿命を持つ。
- ② 表面温度が低い主系列星のスペクトルほど暗線の数が多くなる傾向にある。
- ③ M 型に分類される主系列星は 10000 K 程度の表面温度を持つ。
- ④ 恒星は寿命の大部分を主系列星として過ごす。

問 12. 次の①～④の地図上の黒い実線は、月、ISS、みちびき、だいちのいずれかの衛星について、ある一日分の軌道を地球表面へ投影したものである。月の軌道の投影に対応するものとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 14

①



②



③



④



問 13. 次の①～④のメシエ天体を天体の種類で分類したとき, 異なる種類に分類される天体として最も適切なものを, 一つ選べ。 15

① M 22

② M 32

③ M 87

④ M 101



問 14. 比較的遠方に位置する銀河内の星団の分光観測を行うと、空間分解能が足りないために、星団内の星すべてが混ざったスペクトルが得られる。このようにして得られた3つの異なる星団 (a) ~ (c) のスペクトルを次の図 2 内に示した。星団 (a) ~ (c) を、各星団形成からの年齢が若い順に並べたものとして最も適当なものを、後の① ~ ⑥のうちから一つ選べ。ただし、これらの星団では、十分短い時間の間に一気に星が形成され、それ以降星形成は起こっていないとする。

16

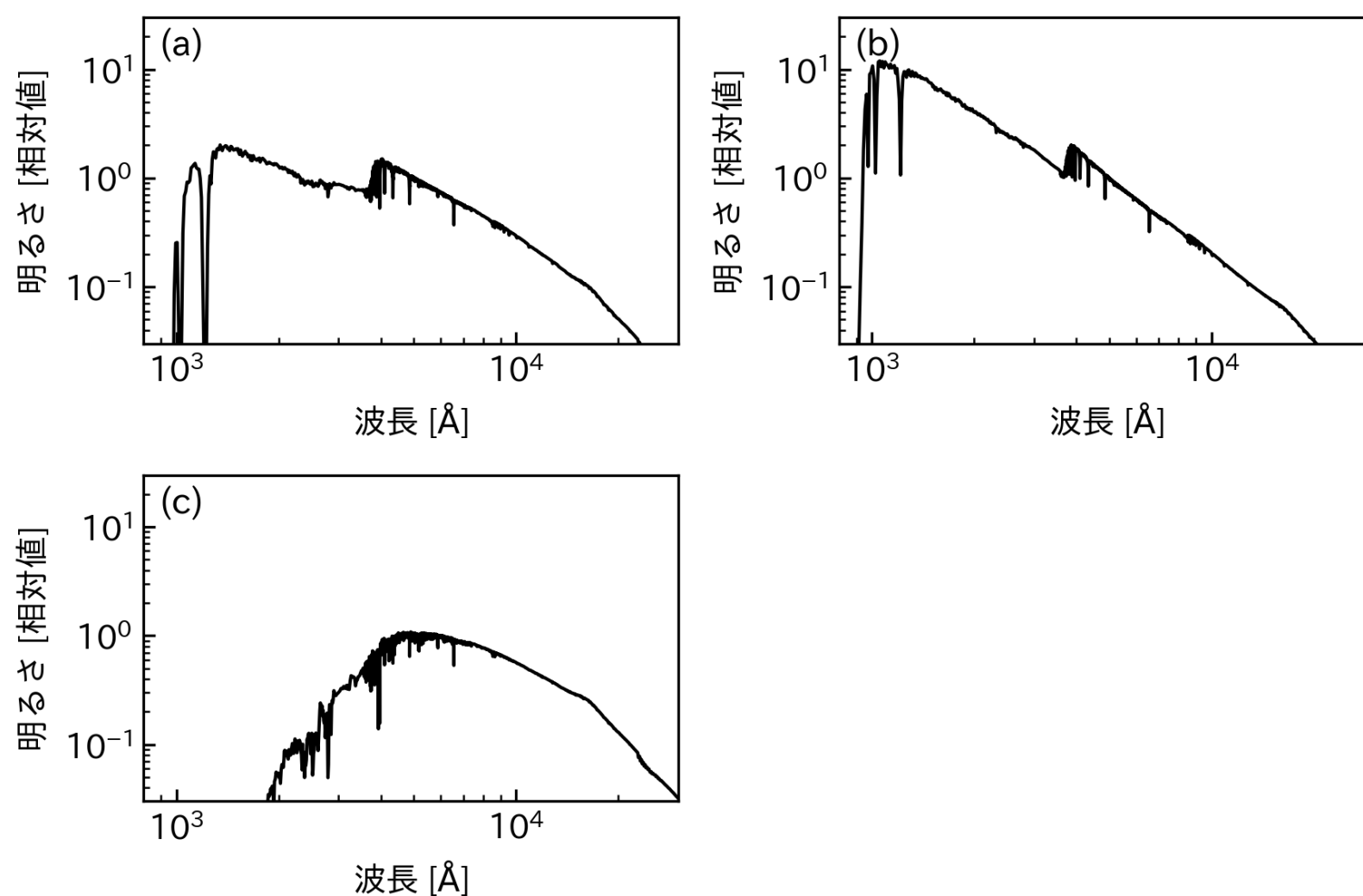


図 2: 星団 (a) ~ (c) のスペクトル

- ① (a) → (b) → (c)
- ② (a) → (c) → (b)
- ③ (b) → (a) → (c)
- ④ (b) → (c) → (a)
- ⑤ (c) → (a) → (b)
- ⑥ (c) → (b) → (a)

問 15. 月面のコーナーキュービックミラーに地球からレーザー光を照射し、反射したレーザー光が地球に戻るまでの時間を測定することで、月面までの距離を測ることが可能である。時間をおいて測定を行うことで、レーザー光を照射してから戻るまでの時間が 1 年あたり  $2.5 \times 10^{-10}$  秒伸びていることが判明した。このとき、月軌道が地球から遠ざかる速さとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、光速は  $c = 3.0 \times 10^8$  m/s である。

17

- ①  $3.8 \times 10^{-2}$  m/年
- ②  $7.5 \times 10^{-2}$  m/年
- ③  $3.8 \times 10^{-3}$  m/年
- ④  $7.5 \times 10^{-3}$  m/年

問 16. 太陽系から 100 pc 離れた, 直径 100 au, 表面温度 100 K の原始惑星系円盤を, その黒体放射のピーク波長で観測する。このとき, 円盤の大きさを解像するために必要な望遠鏡の最小口径として最も適当なものを, 後の①～④のうちから一つ選べ。ただし, 波長  $\lambda$  における口径  $D$  の望遠鏡の空間分解能は, 回折限界  $\theta \equiv \lambda/D$  のみに制約されるものとする。また  $1 \text{ arcsec} = 4.8 \times 10^{-6} \text{ rad}$  であり, ウィーンの変位則の定数は  $b = 2.9 \times 10^{-3} \text{ m K}$  である。 18

① 60 cm

② 6 m

③ 60 m

④ 600 m

問 17. 次の図 3 は、キトラ古墳石室天井の壁画を模式化したものである。この壁画は当時のアジア地域から見た星の位置を示した星図であると考えられており、図中の 4 つの円は、内規 (周極星となる範囲を示した円)、外規 (1 年を通して見える範囲を示した円)、天の赤道、黄道のいずれかに対応していると考えられている。図 3 中で赤色の矢印で示した円 A (黒色の破線で描かれている円) に対応すると考えられるものとして最も適切なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

19

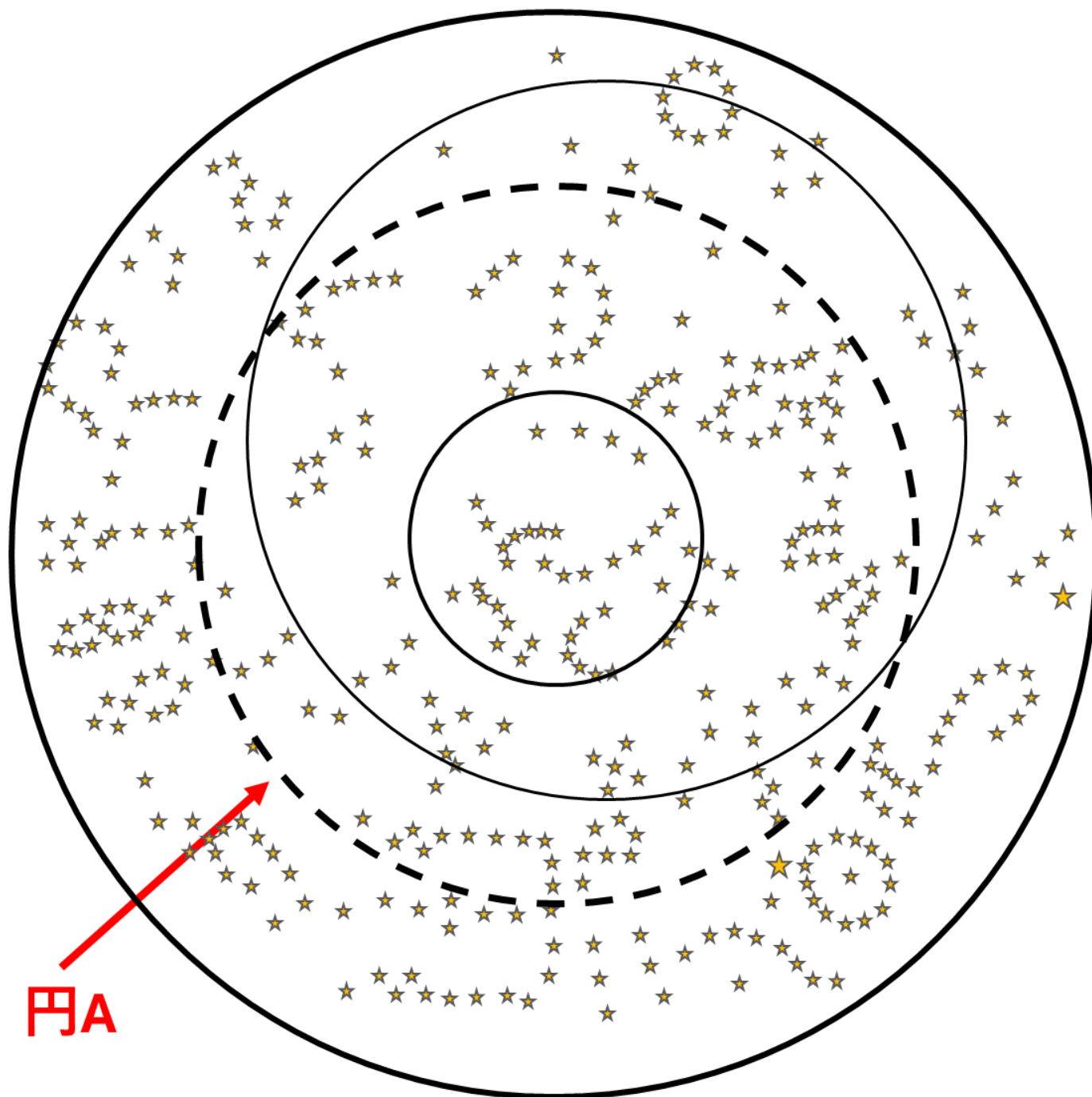
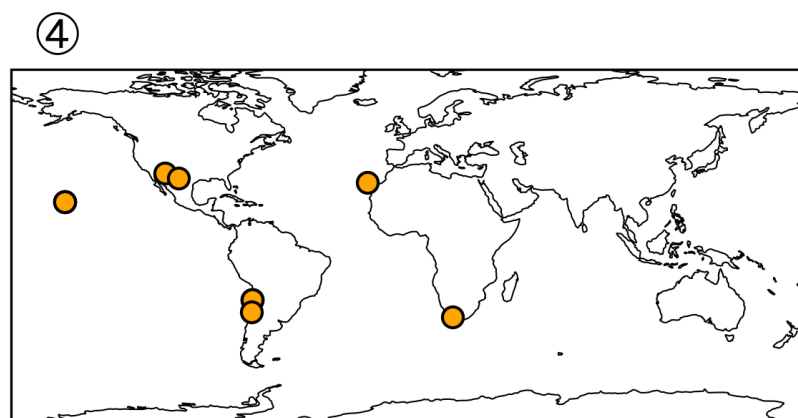
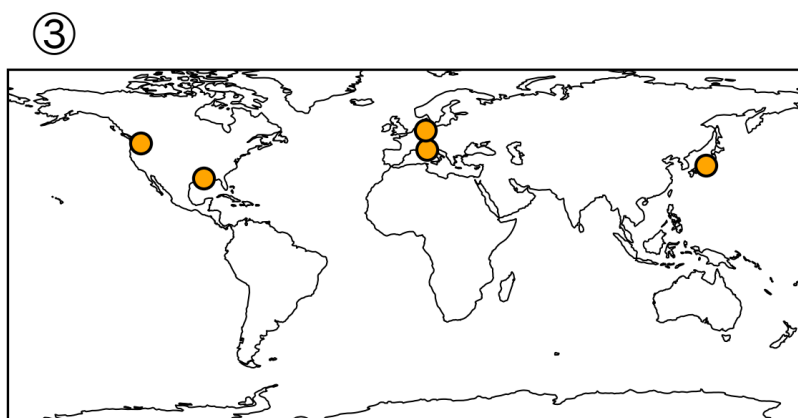
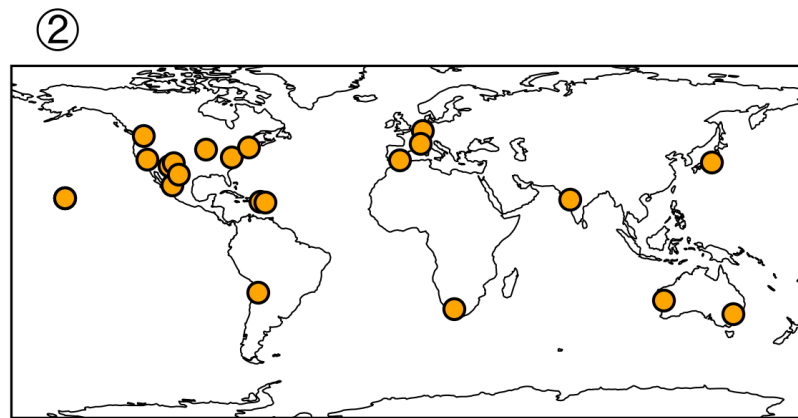
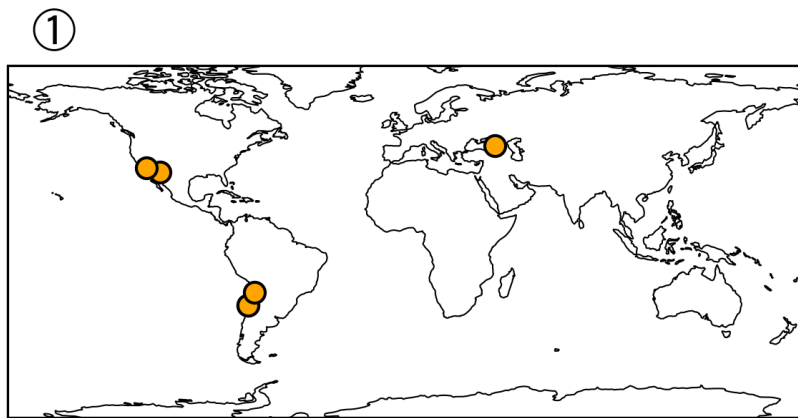


図 3: キトラ古墳の天井壁画の模式図

- ① 内規
- ② 外規
- ③ 天の赤道
- ④ 黄道

問 18. 次の①～④の地図は、口径 8 m 以上の光学望遠鏡、口径 6～8 m の光学望遠鏡、主要な電波望遠鏡、主要な重力波望遠鏡のいずれかの分布を示したものである。口径 8 m 以上の光学望遠鏡の分布を示したものとして最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 20



問 19. ニューヨーク市マンハッタン (北緯 41 度) の道路は碁盤目状に走っており, そのうち東西方向の道路は真東-真西方向から 29 度だけ, 上から見て時計回りにずれている。一年の内で, 東西方向の道路とちょうど同じ方角に日の入が起きることは「マンハッタン・ヘンジ」として知られている。2025 年にマンハッタン・ヘンジが起きた日として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 21 |
|----|

- ① 1 月 12 日, 11 月 29 日
- ② 2 月 27 日
- ③ 5 月 28 日, 7 月 12 日
- ④ 9 月 18 日

問 20. 太陽の光球に見られる, 周囲よりも温度が低いために黒く見える領域の名称として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 22 |
|----|

- ① 黒点
- ② フレア
- ③ プロミネンス
- ④ コロナ

問 21. 天体の位置について述べた文として最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 23 |
|----|

- ①  $\alpha$  CMi は黄緯  $90^\circ$  付近に位置する。
- ② ある惑星の位置を表す赤道座標は年間を通じて一定である。
- ③ 秋分点は黄経  $12^h$ , 黄緯  $0^\circ$  の点である。
- ④ ある天体の位置を表す地平座標は観測地点によらない。



問 22. 対物レンズ焦点距離が 1000 mm, 接眼レンズ焦点距離が 25 mm, 対物レンズ有効径が 100 mm の望遠鏡において, 望遠鏡の倍率と F 値の組み合わせとして最も適当なものを, 次の ①～④ のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 24 |
|----|

|   | 倍率 | F 値 |
|---|----|-----|
| ① | 10 | F4  |
| ② | 10 | F10 |
| ③ | 40 | F4  |
| ④ | 40 | F10 |

問 23. アステリズムについての説明として最も適切なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 25 |
|----|

- ① 北極星は北斗七星のひしゃくの柄の先端を構成する。
- ② 夏の大三角の最も明るい恒星は  $\alpha$  Lyr である。
- ③ 秋の四辺形をなす 4 恒星はすべて別の星座に属している。
- ④ 南十字星は、ほ座とりゅうこつ座の恒星からなる。

問 24. 天の赤道より南側に位置する恒星として最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 26 |
|----|

- ① はくちょう座  $\alpha$  星
- ② いて座  $\sigma$  星
- ③ ペルセウス座  $\beta$  星
- ④ うしかい座  $\alpha$  星

問 25. 新星は、爆発現象により恒星が突然明るくなる現象である。新星に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 新星について説明した文として適当でないものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 27

- ① 新星は、激変星と呼ばれる変光星の一種に分類される。
- ② 新星は、白色矮星表面にガスが流れ込むことで爆発する現象であると考えられている。
- ③ 同一天体で複数回の新星爆発が発生することがある。
- ④ 新星が発生すると、その中心部に中性子星やブラックホールが形成されることがある。

- (2) 新星を分光観測すると、P Cyg プロファイルと呼ばれる、輝線と吸収線が隣り合った特徴的なスペクトルが得られることがある。図 4 に示した  $H\alpha$  輝線 (静止系波長  $6563\text{ \AA}$ ) の P Cyg プロファイルについて述べた下の文章中の空欄 [ ア ], [ イ ] に当てはまる語や値の組合せとして最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。ただし光速  $c = 3 \times 10^8\text{ m/s}$  である。 28

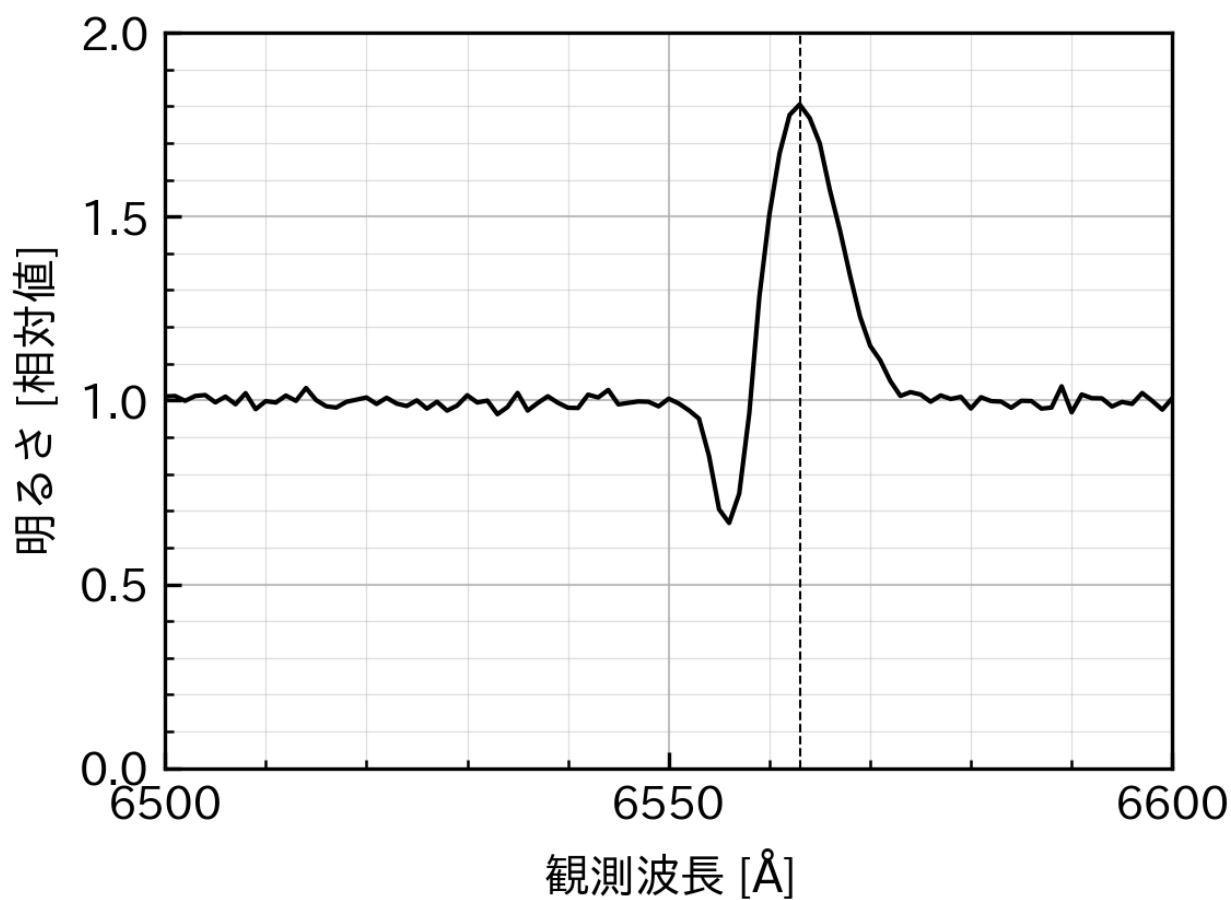


図 4: P Cyg プロファイルのスペクトル, 黒色の破線は  $H\alpha$  輝線を中心波長を示している。

P Cyg プロファイルの輝線は、新星周辺の高温のガス由来であり、輝線を中心波長は静止系波長と一致している。一方で、新星と観測者の間に存在するガスによる吸収のため、吸収線も見られる。この吸収線は青方偏移しており、約 [ ア ] km/s の速度で [ イ ] するガスの存在を示唆している。

|   | [ ア ]           | [ イ ]  |
|---|-----------------|--------|
| ① | $3 \times 10^2$ | 新星から流出 |
| ② | $3 \times 10^2$ | 新星に降着  |
| ③ | $3 \times 10^3$ | 新星から流出 |
| ④ | $3 \times 10^3$ | 新星に降着  |

問 26. 質量  $M$  の天体を一焦点とする, 長半径  $a$ , 離心率  $e$  の楕円軌道上を小物体が周回している。このとき, 天体からの距離  $r$  と小物体の速さ  $v$  を用いて, 力学的エネルギー保存則

$$\frac{1}{2}v^2 - \frac{GM}{r} = E$$

が常に成り立つ。ただし  $E$  は定数である。

- (1) 近点  $r = (1 - e)a$  における小物体の速さを  $v_1$ , 遠点  $r = (1 + e)a$  における小物体の速さを  $v_2$  とする。 $v_1, v_2$  を  $v_0 = \sqrt{GM/a}$  を用いて表したものとして最も適当なものを, 次の①～④のうちから一つ選べ。 29

|   | $v_1$                            | $v_2$                            |
|---|----------------------------------|----------------------------------|
| ① | $\sqrt{1 + e} v_0$               | $\sqrt{1 - e} v_0$               |
| ② | $(1 + e) v_0$                    | $(1 - e) v_0$                    |
| ③ | $\sqrt{\frac{1 + e}{1 - e}} v_0$ | $\sqrt{\frac{1 - e}{1 + e}} v_0$ |
| ④ | $\frac{1 + e}{1 - e} v_0$        | $\frac{1 - e}{1 + e} v_0$        |

- (2) 速さ  $v$  を  $M, r, a$  を用いて表した式として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 30

①  $v^2 = GM \left( \frac{1}{2r} + \frac{1}{2a} \right)$

②  $v^2 = GM \left( \frac{1}{2r} - \frac{1}{2a} \right)$

③  $v^2 = GM \left( \frac{2}{r} + \frac{1}{a} \right)$

④  $v^2 = GM \left( \frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)$

問 27. 天の川銀河の形態は、次のうちどれに分類されると考えられているか。

最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 31

- ① 楕円銀河
- ② 棒渦巻銀河
- ③ 不規則銀河
- ④ レンズ状銀河



問 28. 質量  $M$  の天体が距離  $r$  だけ離れた球形の天体に及ぼす潮汐力の大きさ  $F$  は,  $M$  に比例し  $r^3$  に反比例する。地球には, 太陽による潮汐力  $F_{\odot}$  と月による潮汐力  $F_M$  がともに作用している。地球の質量が月の質量の 80 倍, 地球の公転周期が月の公転周期の 13 倍であるとみなすとき, 潮汐力の比  $F_{\odot}/F_M$  の値として最も適当なものを, 次の ①～④のうちから一つ選べ。 32

① 10

② 2

③  $\frac{1}{2}$

④  $\frac{1}{10}$

問 29. Ia 型超新星に関して、以下の問いに答えよ。

- (1) 太陽光度を  $L_{\text{sun}}$ 、太陽の絶対等級を  $M_{\text{sun}}$  とおくとき、天体の光度  $L$  と絶対等級  $M$  の間に成り立つ関係式として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 33

①  $L = L_{\text{sun}} 10^{\frac{M_{\text{sun}} - M}{-2.5}}$

②  $L = L_{\text{sun}} 10^{\frac{M - M_{\text{sun}}}{-2.5}}$

③  $L = \frac{1}{2.5} \times L_{\text{sun}} 10^{M_{\text{sun}} - M}$

④  $L = \frac{1}{2.5} \times L_{\text{sun}} 10^{M - M_{\text{sun}}}$

- (2) Ia 型超新星は最大光度時の絶対等級が約  $-19.3$  等であることが知られている。Ia 型超新星の最大光度として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、太陽の絶対等級は  $M_{\text{sun}} = 4.7$ 、太陽の光度は  $L_{\text{sun}} = 3.8 \times 10^{26} \text{ J/s}$  である。 34

①  $1.5 \times 10^{36} \text{ J/s}$

②  $9.7 \times 10^{36} \text{ J/s}$

③  $1.5 \times 10^{50} \text{ J/s}$

④  $9.7 \times 10^{50} \text{ J/s}$

問 30. 太陽系の小惑星帯における天体の平均間隔は 4000 km であるとする。ある探査機が、小惑星帯の中を  $3 \times 10^{11}$  m の長さの軌跡で通り抜けるとき、その軌跡の周囲の半径 10 km 内に存在する天体の数の期待値として最も適切なものを、次の ①～④ のうちから一つ選べ。 

|    |
|----|
| 35 |
|----|

① 0.1 個

② 1 個

③ 10 個

④ 100 個

問 31. 恒星のスペクトル型を横軸に、絶対等級を縦軸に取った図を HR 図といい、恒星は誕生から死まで進化に伴い HR 図の中で移動してゆく。星 A～F、および太陽を HR 図上に示した次の図 5 に関して、以下の問いに答えよ。

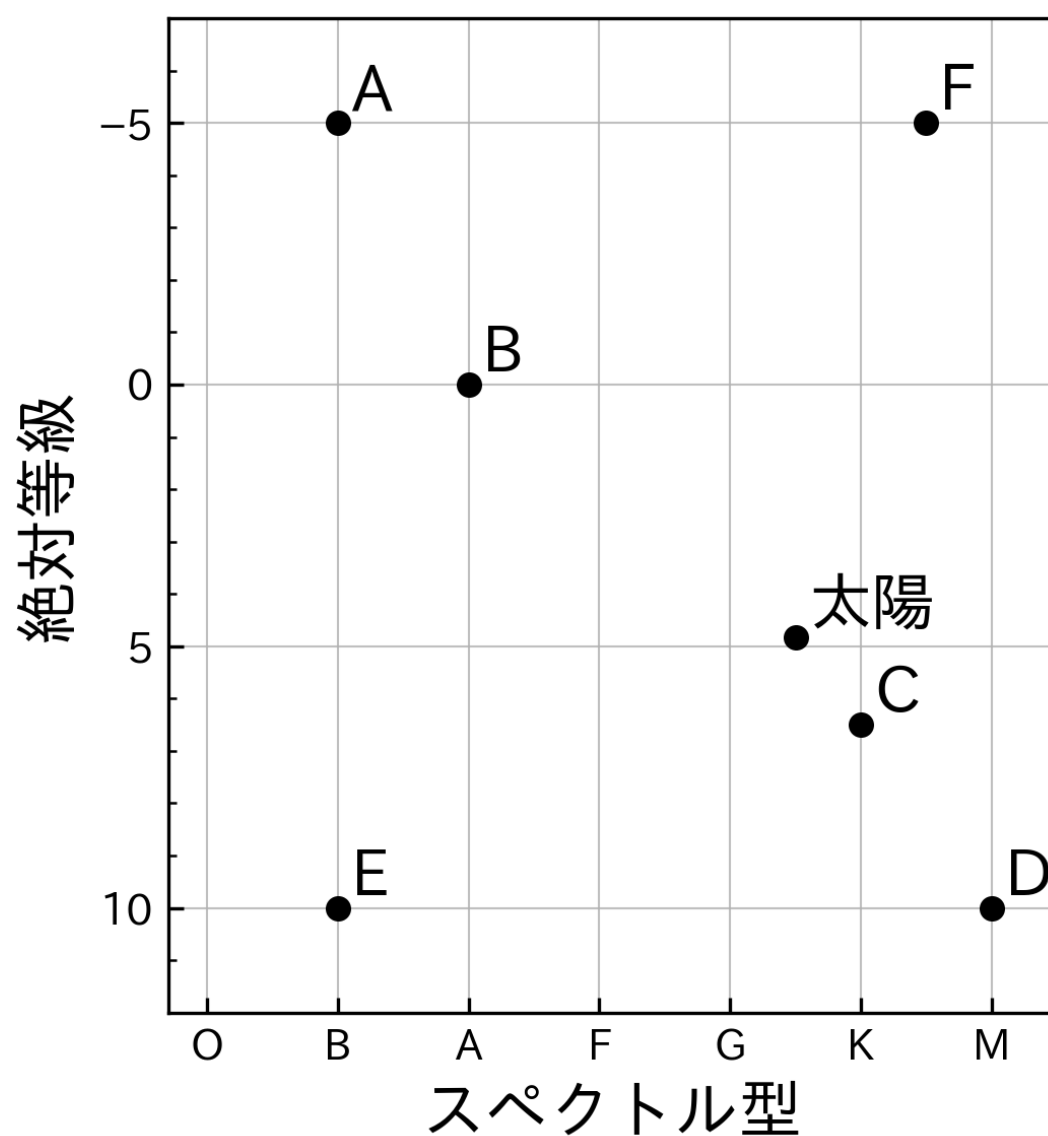


図 5: HR 図

- (1) 太陽は進化とともに図 5 上でどのような経路をたどるか、その経路付近に位置する星を順に並べたものとして最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 36

- ① 太陽→ B → A
- ② 太陽→ C → D
- ③ 太陽→ E → F
- ④ 太陽→ F → E

(2) 図 5 上の恒星の性質について述べた次の文 (a) ～ (c) の正誤の組合せとして最も適当なものを, 次の①～⑧のうちから一つ選べ。 37

- (a) 星 A は星 D より質量が大きい。
- (b) 星 B は星 C より表面温度が高い。
- (c) 星 E は太陽より半径が大きい。

|   | (a) | (b) | (c) |
|---|-----|-----|-----|
| ① | 正   | 正   | 正   |
| ② | 正   | 正   | 誤   |
| ③ | 正   | 誤   | 正   |
| ④ | 正   | 誤   | 誤   |
| ⑤ | 誤   | 正   | 正   |
| ⑥ | 誤   | 正   | 誤   |
| ⑦ | 誤   | 誤   | 正   |
| ⑧ | 誤   | 誤   | 誤   |

問 32. 太陽は核融合反応により輝いている。太陽内部では水素原子核 (陽子) 4 個からヘリウム原子核  ${}^4\text{He}$  1 個を生じる反応のみが発生している。この反応での質量欠損、すなわち水素原子核 (陽子) 4 個の質量と  ${}^4\text{He}$  1 個の質量の差  $5 \times 10^{-29} \text{ kg}$  がすべて放射エネルギーに変換されるとする。このとき、太陽で 1 秒当たりに消費される水素原子核 (陽子) の個数として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、物質の質量  $m$  と光速  $c$ 、静止系におけるエネルギー  $E$  の間には  $E = mc^2$  の関係が成り立つ。また太陽の光度は  $4 \times 10^{26} \text{ J/s}$ 、光速は  $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$  である。 38

- ①  $4 \times 10^{37}$  個      ②  $1 \times 10^{38}$  個      ③  $4 \times 10^{38}$  個      ④  $1 \times 10^{39}$  個

問 33. 太陽系近傍における平均的な銀河回転運動の方向に位置する星座を表す略号として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 39

- ① Sgr
- ② Cyg
- ③ Com
- ④ Peg

問 34. 太陽系内の天体の絶対等級は、その天体を太陽から 1 au の距離に置いて太陽から観測したときの等級と定義されている。アルベド 9%, 直径 10 km の小惑星の絶対等級として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、太陽の見かけの等級は  $-27$  等であり、 $1 \text{ au} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$  である。

|    |
|----|
| 40 |
|----|

① 13 等

② 15 等

③ 45 等

④ 47 等



問 35. 銀河の赤方偏移は、フィルターを用いた測光観測から推定することも可能である。例えば、あるフィルターで観測したときの明るさが、近い波長帯のフィルターで観測したときの明るさよりも極端に明るい場合には、そのフィルターの波長帯に主要な輝線が入っていることが予想される。様々なフィルターでの観測から、ある銀河のスペクトルエネルギー分布 (SED) は図 6 のようになることが判明した。この銀河が線スペクトルとして表 2 に示したような輝線だけを持つ時、この天体の赤方偏移の推定値として最も適当なものを、後の①～④のうちから一つ選べ。

41

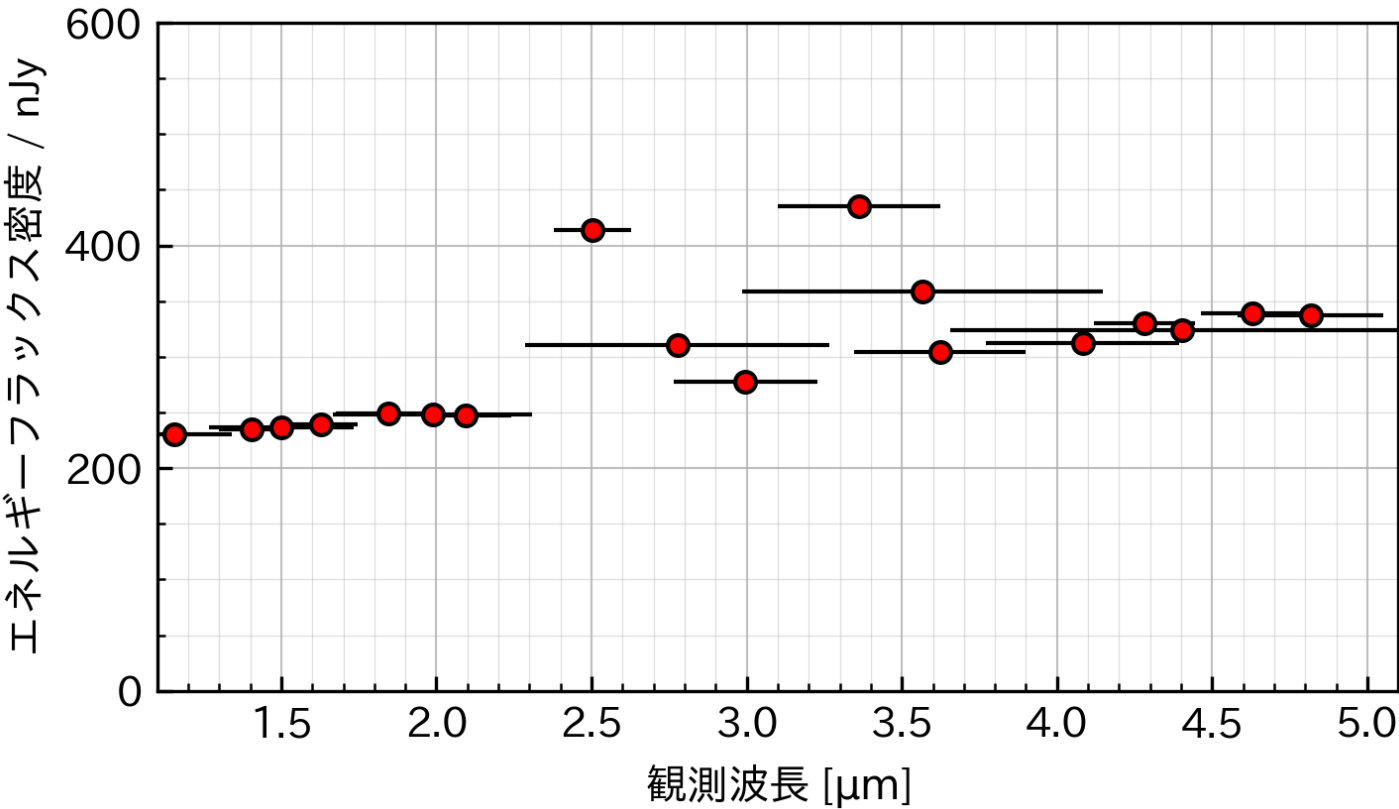


図 6: 観測した銀河の SED。各測光値から横方向に伸びる黒色の実線は、各フィルターの波長範囲を示している。

表 2: 主要な輝線一覧

| 輝線     | 静止系での波長 [μm] |
|--------|--------------|
| Hβ     | 0.4861       |
| [OIII] | 0.5007       |
| Hα     | 0.6563       |

- ① 1.6
- ② 4.1
- ③ 6.7
- ④ 9.2