

第4回日本天文学オリンピック 本選

実技問題

令和7年2月16日 16時15分—17時45分

注意事項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- 2 問題冊子は全部で12ページあります。落丁、乱丁または印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 3 解答には、必ず黒色鉛筆または黒色シャープペンシルを使用しなさい。
- 4 解答用紙・解答用グラフ用紙の指定欄に受験番号を記入しなさい。また、指定欄以外に受験番号を記入してはいけません。
- 5 解答は、必ず解答用紙・解答用グラフ用紙の指定された箇所に記入しなさい。
- 6 解答用紙・解答用グラフ用紙の解答欄に、関係のない文字、記号、符号などを記入してはいけません。
- 7 この問題冊子の余白は、草稿用に使用してもよいが、問題冊子は破いてはいけません。
- 8 解答用紙・解答用グラフ用紙は、持ち帰ってはいけません。
- 9 試験終了後、問題冊子・計算用紙・下書き用紙は持ち帰りなさい。
- 10 問題に関する質問は受け付けません。問題に不備があると考えた場合は、解答用紙・解答用グラフ用紙にその旨を記載してください。採点の際に考慮します。

第1問

天体の観測に関する様々な事項について、以下の問い(問1・問2)に解答せよ。また、解答用紙で指定されている問題での、解答に至るまでの式や考え方を書くこと。

問1. 図1-1は、2025年8月11日21時(日本標準時)に東経135°の地点から観測した星空を表した図である。明るい天体ほどサイズの大きな点としてプロットされている。この図に関する以下の問いに答えよ。ただし観測地点での地方恒星時は18時21分であり、月は省略されている。また、本問(問1)において、方位角は南を基準とし、西回りに測ることとする。

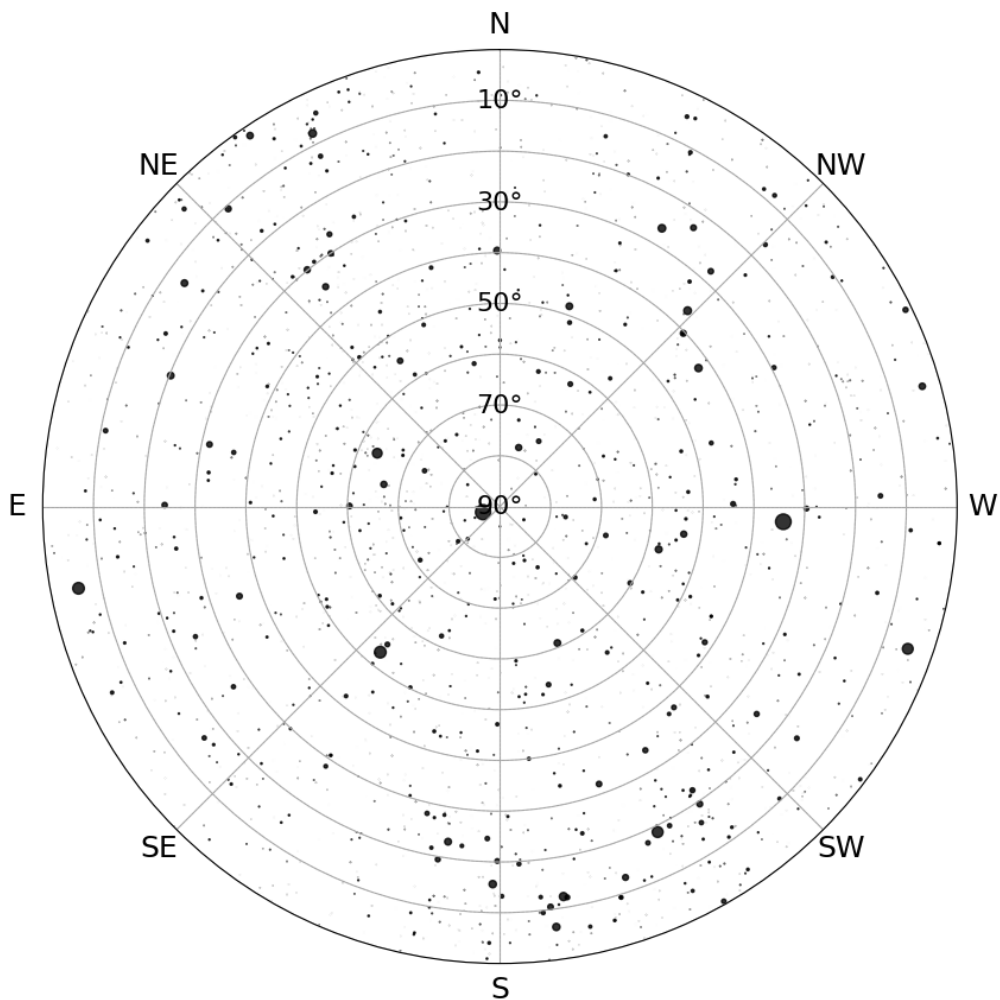


図1-1: 2025年8月11日21時(日本標準時)に東経135°の地点から観測した星空。高度と方位角を表す線が引かれている。

- (1) 観測地点の緯度を整数で答えよ。
- (2) 図 1-1 において、高度 90° の点ほどの星座に含まれているか。アルファベット 3 文字の略符で答えよ。大文字・小文字の区別にも注意すること。
- (3) 以下のメシエ天体はこの星図上に含まれているか。含まれている場合は○を、含まれていない場合は×を、解答用紙の所定の欄に記せ。[M 4, M 31, M 37, M 57, M 81]
- (4) 図 1-1 と同様の図が解答用紙に印刷されている。(4) (a)(b) の解答は、すべて解答用紙中の図に記載すること。
 - (a) 解答用紙中の図に描かれている一等星をすべて丸で囲め。ただし、丸が大きい、薄いなどの理由でどの星を囲んでいるのか判別できない場合は誤答とする。
 - (b) 解答用紙中の図に黄道を記入せよ。

図 1-2 は図 1-1 において南の空を拡大して示したものである。この図を参考にして以下の問いに答えよ。

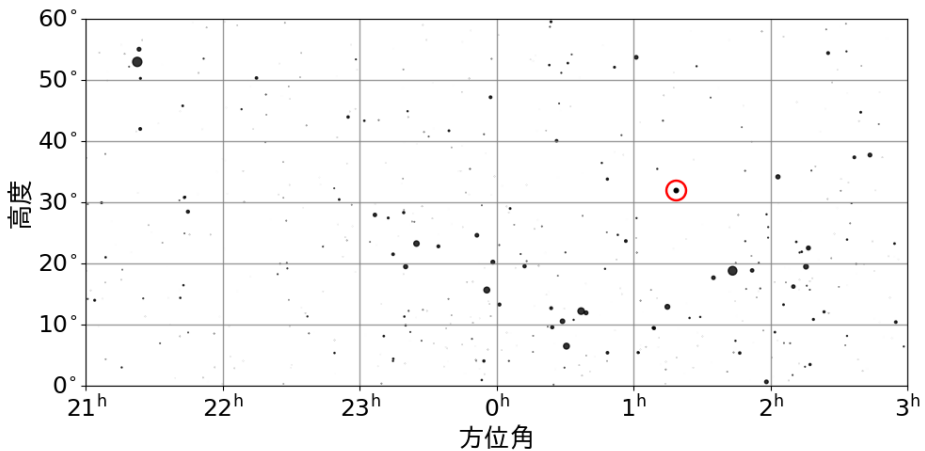


図 1-2: 南の空の拡大図

- (5) 図 1-2 において、赤い丸で囲んだ天体の高度と方位角を、共に度を単位として整数で答えよ。
- (6) 赤い丸で囲んだ天体の赤経・赤緯をそれぞれ答えよ。ただし、赤経は時角を単位として、分まで整数で、赤緯は度を単位として整数で答えること。
- (7) 同じ地点において、赤い丸で囲んだ天体が次に地平線下に沈む時刻 (日本標準時) を答えよ。

問 2. 口径 200 mm, 焦点距離 1000 mm の望遠鏡を用いて天体観測を行う状況を考える。この望遠鏡について以下の問いに答えよ。必要であれば, $1 \text{ au} = 1.5 \times 10^8 \text{ km}$ と, 地球の半径が $6.4 \times 10^3 \text{ km}$ であることを用いてもよい。

- (1) 焦点距離 5 mm, 見かけ視界 50° の接眼レンズを使用して観測を行った。観測時の倍率と実視野角をそれぞれ答えよ。ただし, 倍率は有効数字 1 桁で, 実視野角は分角を単位として有効数字 2 桁で答えること。
- (2) この望遠鏡と, 前問 (1) の接眼レンズを用いて木星を観測したところ図 1-3 のように見えた。観測時の地球と木星の距離を 5.0 au として, 木星の半径を, 地球半径を単位として有効数字 1 桁で答えよ。

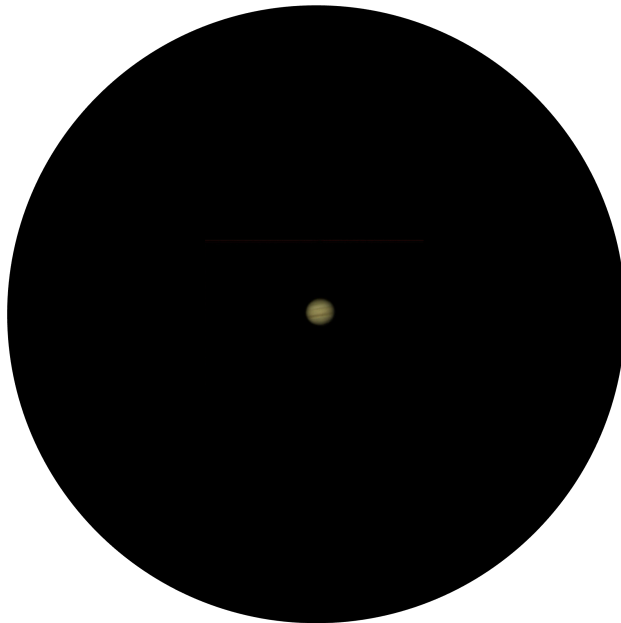


図 1-3: 観測された木星

- (3) 肉眼で 6 等星まで検出できる人がこの望遠鏡を用いるとき, 何等級まで検出することができるか答えよ。ただし, 人の瞳孔の直径を 7 mm とする。ただし, 光路中で光は減衰しないものとする。

第 1 問問 2 は, 6 ページに続く。

計 算 用 紙

(切り離さずに用いよ.)

この望遠鏡を図 1-4 のような赤道儀に載せて使用する。



図 1-4: 望遠鏡を載せる赤道儀 (提供: ピクセン)

- (4) 図 1-5 は天球に、天球上で同じ赤経または赤緯を持つ点を結んだ等赤経線および等赤緯線を示したものである。今、望遠鏡はバツをつけた点に向いており、この点から黒丸をつけた点にある天体を導入する。導入には赤道儀の赤経軸と赤緯軸を回転させる必要がある。この 2 つの軸の回し方を、解答の例 (図 1-6) を参考にしつつ、以下で説明する方法で図示せよ。解答は解答用紙の図 (図 1-5 と同一のもの) に記入すること。
- 回し方は、望遠鏡が向いている天球上の位置の変化を矢印で表すことによって表現せよ。
 - 赤経軸を回転させたときの移動は実線の矢印で示し、赤緯軸を回転させたときの移動は破線の矢印で示せ。
 - 回転の際にはウェイトが鏡筒よりも上に行かないよう考慮すること。また、望遠鏡が地平線下を向かないように考慮すること。
 - 回転時に天の北極を向かないようにすること。
 - 赤道儀の極軸合わせは済んでいるものとする。

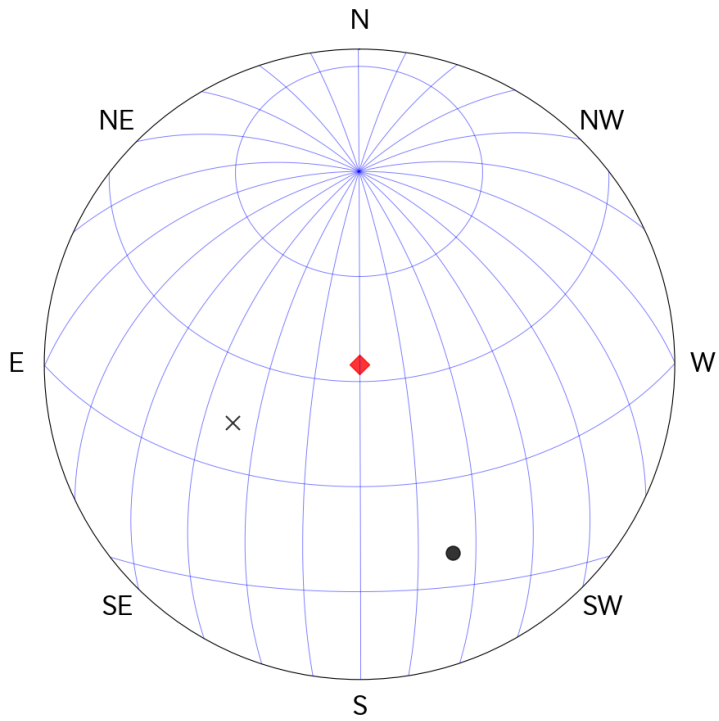


図 1-5: 対象天体。図中の赤いダイヤは天頂を表す。

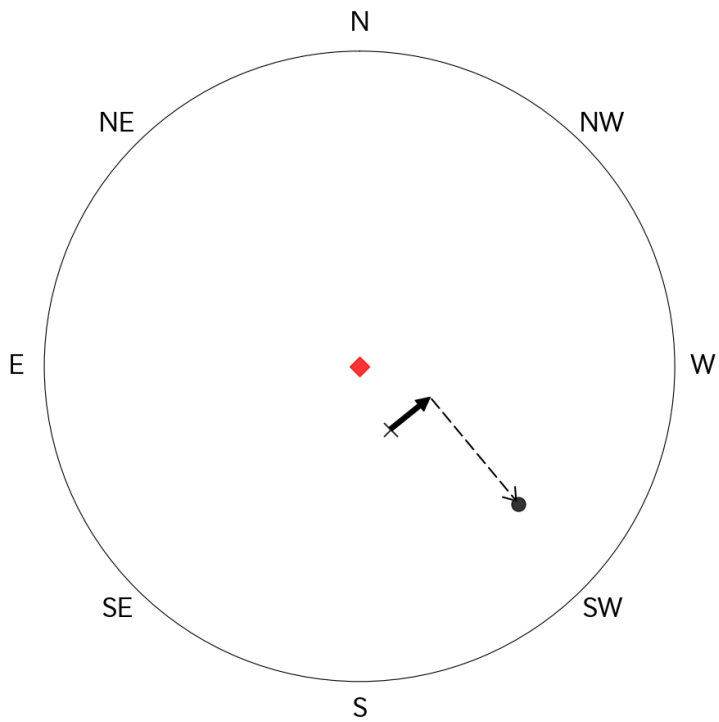


図 1-6: 解答例 (バツと黒丸の位置は問題と異なる)

第2問

銀河系の回転運動に伴う視線速度を利用することで、銀河系内の天体までの距離を求めることができる。図 2-1 に示すように、銀河系の回転速度は銀河中心からの距離 R にのみ依存して決まるので、関数 $V(R)$ と表すことができる。

表 2-1 は、銀河系に位置する 8 個の巨大分子雲 (Giant Molecular Cloud; GMC) について、銀経 l と、各天体の視線速度 V_r 、視線方向の速度分散 σ 、視直径 r を示したものである。

表 2-1 に示した天体の銀緯は十分小さいため、本問を通じて、これらの天体は太陽系を含む同一平面上にあり、また、太陽系とこれらの天体は銀河系の中心の周りを、全て同じ方向に、等速円運動をしているものとする。必要ならば、銀河系の中心から太陽系までの距離 $R_0 = 8.0 \text{ kpc}$ を用いよ。

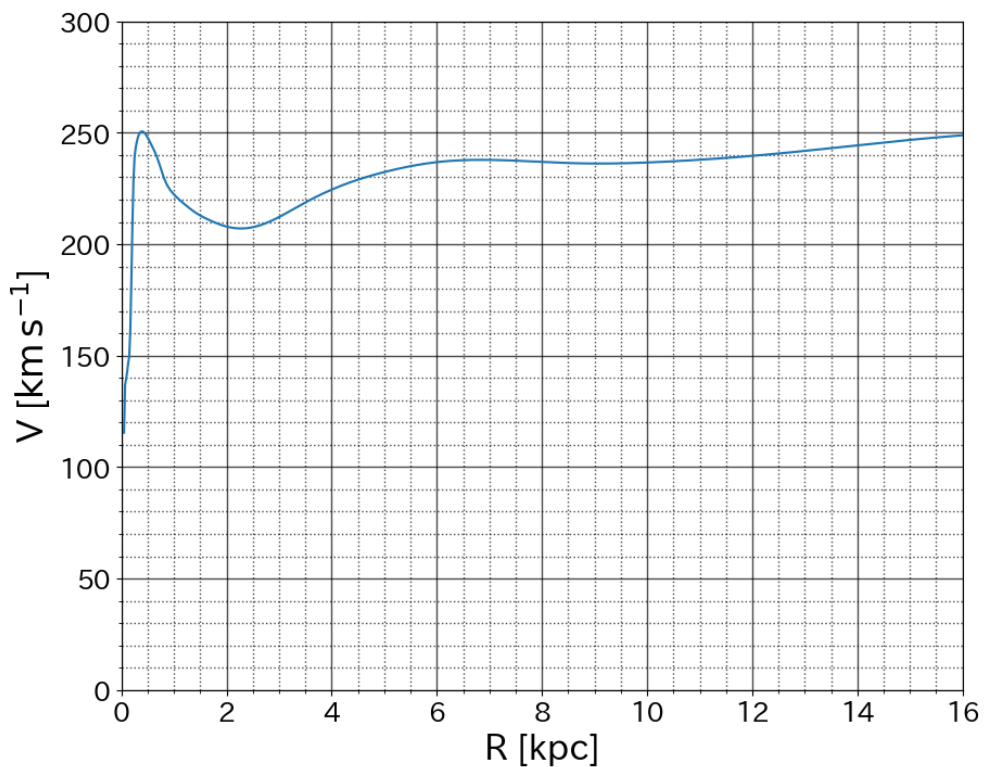


図 2-1: 銀河系の回転曲線

表 2-1: 銀河系内の巨大分子雲の観測データ

No.	l [deg]	V_r [km s ⁻¹]	σ [km s ⁻¹]	r [deg]
1	8.3	48	1.5	0.05
2	45.4	60	2.7	0.25
3	267.3	18	1.6	0.23
4	283.8	-5	2.9	0.93
5	290.6	15	3.1	0.53
6	302.3	32	4.0	0.41
7	314.0	28	3.3	0.21
8	335.5	27	1.9	0.06

- (1) 図 2-2 において, 銀経 l の, 速さ $V(R)$ で円運動をしている天体 P を考える。 $V(R)$ を l, R, R_0, V_r, V_0 を用いて表せ。ここで, $V_0 = V(R_0)$ は太陽系の回転速度である。

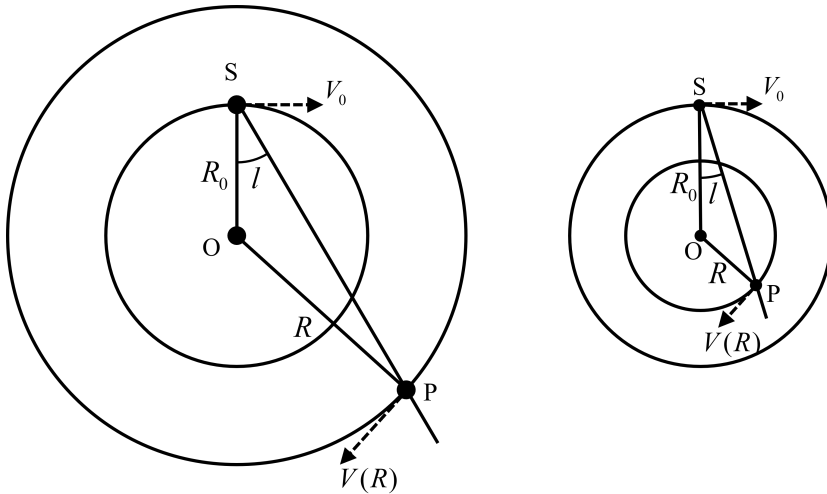


図 2-2: 天体 P と太陽系の位置関係。O は銀河系中心の位置を, S は太陽系の位置を表す。

- (2) 表 2-1 で示された各天体について, 前問 (1) で求めた $V(R)$ と R の関係を満たす直線を図 2-1 内に描くことで各天体の銀河系中心からの距離 R をそれぞれ決定し, 解答用紙の表に記入せよ。
- (3) 銀経 l と前問 (2) で求めた R を用いて, 太陽系から天体までの距離 d として考えられるものをすべて, 解答用紙の表に記入せよ。ただし, 太陽系軌道の内側に存在する (すなわち $R < R_0$ の) 天体は, 視線速度から d を一意に決定することができないことに注意せよ。

(4) 太陽系軌道の内側に存在する天体であっても、別の観測量を用いることで d を一意に決定できる場合がある。ここでは GMC の視直径を用いることを考える。

(a) GMC の実際の半径 R_{GMC} と、視線速度の速度分散 σ には以下のような関係があることが知られている:

$$\frac{\sigma}{1 \text{ km/s}} = C \left(\frac{R_{\text{GMC}}}{1 \text{ kpc}} \right)^\alpha$$

ここで C, α は分子雲によらない定数である。**太陽系軌道の外側に存在する GMC について**、解答用グラフ用紙①に適切な量をプロットすることによって、定数 C, α の値を誤差範囲を含めて推定せよ。

(b) 前問 (a) で求めた R_{GMC} と σ との関係を参考にすることで、**太陽系軌道の内側に存在する GMC について**、太陽系からの距離 d を候補のうちから一つに決定し、解答用紙の表に記入せよ。

(5) 以上の結果をもとに、銀河北極から見たときのすべての GMC の銀河系内の位置を、太陽系と銀河中心の位置とともに解答用グラフ用紙②にプロットせよ。

計 算 用 紙

(切り離さずに用いよ.)

