

グループ試験 注意事項

望遠鏡に向かう前に、回答用紙（Summary Answersheet）が入った封筒が渡されます。封筒に自分の Group Codeを記入してください。

- この試験は G01.1 から G02.8 までの8つの問題からなります。既に write-up を受け取っているはずですが。問題用紙はこの注意事項が書かれた紙に続けて入っています。
- 観測を行うテーブル（Observation table）では、電波望遠鏡、必要な電子機器、ヘッドライト、記入用のパッドを受け取ります。
- 回答用紙（Summary Answersheet）は小さい封筒 **S** の中に入っています。封筒 **S** は観測を行うテーブルに到着し試験が正式に始まるまで開けてはなりません。
- データ収集セッションとデータ解析セッションのそれぞれで、開始と終了の合図があります。
- 観測を行うテーブルでのデータ収集セッションの制限時間は **35分間** です。
- Powai Ball Roomでのデータ解析セッションの制限時間は**30分間** です。
- 試験の流れは以下のとおりです：

時刻	試験時間	やること
00:00 – 35:00	35 分間	観測を行うテーブルでのデータ収集
35:00 – 65:00	30 分間	Powai Ball Roomでのデータ解析

- データと回答を記入するにはペンを使用しなければなりません。鉛筆はグラフをプロットするのに使用される必要があります。
- データ収集セッション・データ解析セッションのそれぞれの間、決められた机を離れてはなりません。
- データの取得がまだ行われている間でも、データ解析に進むことができます。
- 試験終了時:**
 - 使用したすべての用紙に、Group Codeとページ番号が正しく記入されていることを確認してください。
 - G01 の回答用紙の次にG01 の作業用紙が来るように並べてください。
 - 並べたこれらの用紙を小さい封筒 **S** の中に入れてください。使用したかどうかに関わらず、すべての回答用紙は封筒 **S** の中に入れてください。
 - 小さい封筒 **S** は大きい封筒 **B** の中に入れてください。
 - それ以外のすべての用紙（注意事項が書かれた紙、write-up用紙、すべての問題用紙、使用しなかった作業用紙）は封筒 **B** の中に直接入れてください。
 - 採点に使用されるのは小さい封筒 **S** に入っている用紙のみです。この封筒に入っていないすべての用紙は採点に使用されません。
 - 封筒 **B** に糸で封をしてください。

(G01) 銀河のダークマターを電波望遠鏡で探る
[150 点]

(G01.1) 私たちは電波望遠鏡の分解能を見積もり、その望遠鏡の指向精度の角度と比較する。

(G01.1a) 電波望遠鏡の開口寸法（長い方の長さ a 、短い方の長さ b ）を測定し、メートルで表す。それぞれの寸法に対応する空間分解能を別々に見積もり（ θ_{res}^a および θ_{res}^b ）、度で表す。より高い分解能を得られる寸法にチェックマークを付ける（✓）。

(G01.1b) 上記の分解能と比較するために、分度器の最小目盛り（ $\theta_{\text{min}}^{\text{az}}$ ）とデジタル傾斜計の最小目盛り（ $\theta_{\text{min}}^{\text{alt}}$ ）を記録する。

(G01.2)

[25]

望遠鏡の操作ソフトウェアを開き、タブ1を使用してシステムが動作していることを確認する。各経度について、

- タブ2を使用して銀河座標（経度（ここでは銀経） ℓ 、緯度（ここでは銀緯） $b = 0$ ）を入力し、時刻、対応する高度、方位角、および v_{corr} を Summary Answersheetの表に記録する。
- この高度と方位角を指し示し、タブ3を使用してデータを ' ℓ .csv' として記録する（ファイル名の例：'30.csv' という名前のファイルには銀経30°に対応するデータが含まれる）。

この手順を表のすべての異なる経度について繰り返す。

(G01.3) タブ3を使用して、天の川銀河面から離れた空の領域と地面にそれぞれ望遠鏡を向けて、校正データ「sky.csv」と「ground.csv」を記録する。それぞれの測定を行ったときに指した高度と方位角、および時刻も Summary Answersheetに記録する。

(G01.4) タブ4に対応する手順を使用して、ゲイン（増幅度）と温度の校正を行う。

[7]

(G01.5) 各観測 ' ℓ .csv' について、タブ5を使用して5つの異なる経度 ℓ での温度スペクトルを得る。

(G01.5a) 与えられた銀経(ℓ)に対応するHI線の最も赤方偏移した周波数 f_{obs} （基線より5 K高い温度を持つ）を決定し、Summary Answersheetに表にします。

(G01.5b) $v_{\text{Earth}}^{\text{obs}}(\ell)$ と $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}(\ell)$ を計算し、Summary Answersheetに表にする。

[10]

(G01.5c) 観測された各銀経での $v_{\text{LSR}}^{\text{max}}$ の値を使用して、回転速度 $v_{\text{rot}}(R)$ と最大赤方偏移放射の銀河半径を求め、これを5つの銀経それぞれについて計算する。これらの値をすべて Summary Answersheetに表にする。

[10]

(G01.6) 回転速度を銀河中心半径に対してグラフ用紙にプロットし、これらの点を通る滑らかな曲線を描きなさい。

[6]

- (G01.6a) 球対称の質量分布を仮定して、観測に対応する半径内の質量を次の式を用いて推定せよ： [10]

$$M_{\text{encl}}(R) = \frac{v_{\text{rot}}^2 R}{G},$$

ここで、 R は銀河中心半径、 v_{rot} は回転速度、 G は重力定数である。答えを太陽質量の単位で表しなさい。

- (G01.6b) 銀河系の異なる銀河中心半径 R における通常のバリオン物質の質量は、Summary Answersheetのグラフに⊙記号で示されている。あなたの測定から $M_{\text{encl}}(R)$ を同じグラフ用紙にプロットし、それぞれの測定セットに対して2つの滑らかで物理的に正しい曲線を描きなさい。 [12]

- (G01.6c) 暗黒物質の質量 $M_{\text{dm}}(R)$ の値を計算し、Summary Answersheetの表に記録しなさい。 [10]

- (G01.7) 全周波数範囲が 2.048 MHz にわたるスペクトルがあり、合計で 512 個のビンを持つ。各スペクトルビンにおけるあなたの観測の感度を、温度 (K 単位) で見積もりなさい。 [9]

- (G01.8) より大きな開口寸法のホーンアンテナで観測を行った場合に、次のパラメータのうち改善されるものはどれか。Summary Answersheetの正しい選択肢にチェックを入れなさい。 [9]

- A. 感度 σ_T for $T_{\text{ant}}=5$ K
- B. 角度分解能
- C. v_{rot} の推定
- D. 周波数の分解能