

星団の色 - 等級図(CM 図[※])を作成し、星団までの距離を求める

散開星団は、宇宙の比較的狭いところに、ほぼ同じ時期に生まれた恒星が多数集まってできている天体である。従って、散開星団に属している恒星までの太陽からの距離は、どれも同じだと考えることができる。

ここでは、ぎょしゃ座にある NGC1912 (M38) という散開星団を B バンド(Blue、青)と V バンド(Visual、緑)の 2 つのフィルターを使って撮影した画像を使い、それぞれの画像から得られた B バンド・V バンドでのみかけの等級を用いて CM 図を描き、星団までの距離を求める。

■語句の確認

[問] B バンド・V バンドとは何か

()

[問] CM 図(Color-Magnitude 図)とは何か。HR 図との違いは？

()

■作業手順の概要

1. マカリを使って、恒星の明るさをはかる(測光の方法)
2. エクセルを用いて、みかけの等級を求め、CM 図を描く
3. 絶対等級とみかけの等級の差を求める
4. 絶対等級とみかけの等級の差から、星団までの距離を求める

1. マカリを使って、恒星の明るさをはかる(測光の方法)

- (1) マカリを立ち上げ、右上の真ん中のボタンで画面全体に広げる。
- (2) 「開く」のアイコンをクリックする、または「ファイル」→「開く」で、「画像ファイルを開く」ダイアログを表示させる。
- (3) 先生が指示するフォルダにある **N1912Bs.fits** を選択し、「開く」をクリックする。同じやり方で **N1912Vs.fits** も開く。
- (4) **N1912Bs.fits** (B バンド)をアクティブにして「ウィンドウ」→「左右に並べて表示」とする。
- (5) 明るい星も暗い星も、それぞれきちんと測光する必要がある。暗い星を見やすくするために、画像の上の▲と△をスライドさせたり、「画像表示」→「レベル調整」で「ヒストグラムを拡大」して▲と△をスライドさせたりする。「カラーモード」を選択したり、「対数」のチェックを入れたり、外したりして、自分が見やすいように見た目を変える。

※Color-Magnitude diagram

(6) 最も見やすい、カラーモード、対数、レベル最小値、レベル最大値を記入しなさい。

画 像	カラーモード	対 数	レベル最小値	レベル最大値
N1912Bs.fits		on / off		
N1912Vs.fits		on / off		

N1912Bs.fits で恒星をひとつ選び、その座標とカウント値を記入しなさい。次に、同じ恒星についてN1912Vs.fitsでの座標とカウント値を記入しなさい。

座標とカウントの値はマウスのポインタを星像の上に置くと、左上に表示される。

画 像	x 座標	y 座標	カウント値
N1912Bs.fits			
N1912Vs.fits			

[問] N1912Bs.fits のカウント値より N1912Vs.fits のカウント値の方が大きい恒星は、より「青い」恒星だろうか、それとも、より「赤い」恒星だろうか。

()

(7) 上で測ったカウント値は、画像上のある座標での明るさであって、恒星全体の明るさではない。恒星全体の明るさを測る、すなわち、測光するには、次のようにする。

- ① N1912Bs.fits のウィンドウをアクティブにする。
- ② 「測光」のアイコンをクリックするか、「データ処理」→「測光」をクリックする。
- ③ 「測光 [N1912Bs.fits]」ダイアログの左下の「自動」にチェックを入れる。
- ④ 先ほど選んだ恒星が見えるように、「測光[N1912Bs.fits]」ダイアログを下の方に適当に移動させる。
- ⑤ マウスカーソルを画像上にもっていくと、測光する領域を示す円カーソルに変わる。この円カーソルをマウスで動かし測光したい恒星の上に置いて、円カーソルが恒星を囲む状態になったらクリックする。
- ⑥ 「測光[N1912Bs.fits]」ダイアログに STAR で始まる行の中心座標と総計が表示され、自動的に記録される。
- ⑦ 同じ恒星について、N1912Vs.fits でも、⑤と⑥の操作を行う。「測光[N1912Bs.fits]」ダイアログが邪魔なときには、N1912Bs.fits の画面の下の方などに移動させる。

(8) たくさんの恒星を測光する。N1912Bs.fits と N1912Vs.fits について、それぞれ 100 個程度の恒星を測光する。明るい恒星も暗い恒星もまんべんなく選んで測光すると、CM 図上にはっきりと主系列が現れる。画像を拡大するなど、表示を見やすいように調整してから行う。

[問] さまざまな明るさの恒星をまんべんなく選んで測光すると主系列がはっきりするのはなぜか。

()

※作業のポイント※ B バンド・V バンドそれぞれの画像に写っている同じ恒星を、それぞれ測光する。なるべく同じ恒星を同じ順番で測光する方が良いが、全く同じ順番で測光する必要はない。次の手順で使用するエクセルシートに、自動的に恒星の組み合わせをチェックするプログラムが用意されているので、測光の順番が入れ替わっても問題ない。測光する順番が

多少違ってしまっても、気にしないで進めること。ただし、重なっている恒星は避ける。

「測光」ダイアログが画像の上で邪魔なときは、画面の適当な場所にドラッグして移動させると良い。

- (9) 結果を保存する。「測光」ウィンドウの「テキスト出力」をクリックし、Bバンド・Vバンドということがわかる名前を付けて「保存」をクリックする。

2. エクセルを用いて、みかけの等級を求め、CM 図を描く

- (1) エクセルで NGC1912CM.xls を開く。「マクロを有効にする」ボタンを選択すること。
- (2) 「sheet1」シートの [(1)B バンド CSV ファイル読込] ボタンをクリックし、B バンドの測光データを開く。その際に「等級計算に使うデータ」の窓が開いてオプションを確認されるが、変更はしないでそのままの値 (0.3) を用いる。OK ボタンをクリックする。
- (3) 「sheet1」シートの [(2)V バンド CSV ファイル読込] ボタンをクリックし、V バンドの測光データを選択して開く。
- (4) 「sheet1」シートの [(3)星の同定・V と B-V の計算] ボタンをクリックして、星の同定と等級を計算する (エクセルのマクロが自動的に計算してくれる)。
- (5) 「CM 図」シートを開き、CM 図が描かれているかどうかを確認する。CM 図には、「明るい恒星」・「近距離の恒星」シートにある恒星の B-V と絶対等級のデータ (水色の●印と紺色の◆印)、および自分が測光した NGC1912 の恒星の B-V とみかけの等級のデータ (ピンクの■印) が描かれている。
- (6) この CM 図を印刷しなさい。紙サイズを A4 に設定し、誰のグラフなのかわかるように、グラフに自分の名前を入れて印刷すること。

3. 絶対等級とみかけの等級の差を見積もる

- (1) 「CM 図」シートを開き、「明るい恒星」・「近距離の恒星」のデータ(絶対等級)で、ここが主系列だと思う部分を確認する (印刷した場合は、主系列の部分を含む)。
- (2) (1)と同様に、自分が測光した NGC1912 のデータ(みかけの等級)で、ここが主系列だと思う部分を確認する (印刷した場合は、主系列の部分を含む)。

[問] 絶対等級の主系列とみかけの等級(測定値)の主系列で、共通する点と違う点を挙げよ。

共通する点	違う点
-------	-----

- (3) (1)と(2)の主系列の上下の差を比べて、みかけの等級 m と絶対等級 M の等級差($m-M$)を見積もる。

[問] およそ何等級、異なるか。

また、絶対等級とみかけの等級の差は、何によるものか。他の人の意見も聞いてみよう。

およそ 等級違う	等級の差の理由
-----------------	---------

4. 絶対等級とみかけの等級の差 (=距離指数) から、星団までの距離を求める

- (1) 「CM 図」シートで [距離指数 (m-M) 見積もり] ボタンをクリックすると、「等級差」シートが開く。「等級差」シートの (m-M) の入力欄に 3. (3) で見積もった数値 (等級) を入力して、[CM 図で確認] ボタンをクリックする。
- (2) 「CM 図」シートに戻るので、CM 図上に表された「ピンクの■印」の連なり (自分が測定した NGC1912 の主系列) と、「近距離星」・「明るい恒星」の主系列 (水色の●印と紺色の◆印) とが重なっているか、チェックする。
- (3) 2つの主系列がうまく重なっていないときは、「等級差」シートに戻り、(m-M) の入力欄の値を少し変えて入力して再度 [CM 図で確認] ボタンをクリックする。
- (4) 2つの主系列がうまく重なったと思えるまで、(1)~(3)を繰り返す。

もっとも良く2つの主系列が重なったときの等級差 (m-M) を、下の欄に記録する。

最終的な等級差 (距離指数)
等級

- (5) 等級差から、距離 r [パーセク]を計算する。
「距離計算」シートの [m-M] の入力欄 (下の方の白い空欄) に、(4) で求めた等級差を入力すると、絶対等級 M 、見かけ等級 m と距離 r の関係式

$$m - M = 5 \log r - 5$$

を使って、 r を求めることができる (エクセルが自動計算してくれる)。

$$r = 10^{\frac{m-M+5}{5}} = (\quad)$$

よって、NGC1912 までの距離は パーセクと求められた。

※対数表や Windows の「関数電卓」などを用いて、自分で r を計算してもよい。

4. 考察

理科年表によると、NGC1912 までの距離は 4610 光年 (約 1410 パーセク) である。この値と上で求めた距離を比較しなさい。それらが大きく異なる場合には、その原因を考えなさい。