

## 実習「散開星団までの距離を求めよう」 Teachers' Guide

## 目次

1. ねらい
2. 内容
3. 実習の流れ
4. 背景
5. 参考文献

## 1. ねらい

- ・ 散開星団 NGC1912(M38)の FITS 画像を用いて星団の個々の恒星のみかけの等級を求める。
- ・ 求めたみかけの等級を、(年周視差から距離と絶対等級がわかっている)近距離星と明るい恒星の HR 図にあてはめて、主系列の絶対等級との等級差(距離指数)を見積もり、散開星団までの距離を求める。実習を通して、距離指数から距離を求めることができることを知る。
- ・ 天体の距離を測定する方法には様々なものがあり、それらの方法を組み合わせて求めていることを知る。恒星までの距離を求める方法をはしごにたとえると、年周視差から距離を求める方法が第1段目、この実習のように距離指数を用いて求める方法は第2段目となる。

## 2. 内容

- ・ 画像処理ソフト「マカリィ」を用いて、NGC1912(M38)の B バンド・V バンドの画像に写っているひとつひとつの恒星を測光する。
- ・ 測光したデータを保存後、Microsoft Excel で処理しみかけの等級を求め、HR 図(実際には色-等級図：CM 図)にそれをプロットする。
- ・ グラフを印刷するか画面上で、絶対等級とみかけの等級の主系列の等級差を見積もる(距離指数を求める)。
- ・ 等級差と距離の関係式  $m - M = 5 \log r - 5$  から、散開星団までの距離を求める。

[準備するもの]Windows パソコン、画像処理ソフト「マカリィ」、散開星団 NGC1912(M38)の B 及び V バンドの FITS 画像「N1912Bs.fits」、「N1912Vs.fits」の 2 枚、Microsoft Excel(98,2000,2002,2003 のいずれか)、Excel マクロ

- ※ 画像処理ソフト「マカリィ」・画像・Excel マクロをあらかじめダウンロードして下さい。無償で入手することができます。

「マカリィ」は次のところにあります。継続的に利用するためには、登録が必要です。

<http://makalii.mtk.nao.ac.jp/>

画像は次のところにあります。

<http://paofits.dc.nao.ac.jp/Materials/scaled/N1912Bs.fits>

<http://paofits.dc.nao.ac.jp/Materials/scaled/N1912Vs.fits>

Excel マクロファイルは、次のところにあります。

<http://paofits.dc.nao.ac.jp/Materials/SpParall/NGC1912CM.xls>

- ※ 利用できる FITS 画像は、paofits ワーキンググループで作成した教材『星団の HR 図を作ろう』で使っているものと同じものです。上記で指定した画像は、星団部分のみをトリミ

ングした、約 4MB のファイルです。なお、サイズが大きく(約 15MB)より広範囲を撮影した「N1912B.fits」「N1912V.fits」を利用することもできます。ただし、その分ダウンロードに時間がかかりますし、また測光中、パソコンに大きな負荷がかかります。非力なパソコンをお使いの場合には、「N1912Bs.fits」、「N1912Vs.fits」の利用をおすすめします。

### 3. 実習の流れと授業案(約 2 時間の授業)

実習の大まかな流れを以下に記します。おおよそ 2 時間の授業時数があれば、星団までの距離を求めることができるでしょう。生徒用プリント(SPARALLS.pdf)も参考にして下さい。

#### (1) 「マカリィ」を用いて、NGC1912(M38)の測光

マカリィを起動します。デスクトップ上の「すばる画像処理ソフト マカリィ」をダブルクリックするか、「スタート」→「プログラム」→「Makalii」→「すばる画像処理ソフト マカリィ」と選択して下さい。

次に、ダウンロードした FITS 画像「N1912Bs.fits」、

「N1912Vs.fits」をマカリィで開いてください。「開く」アイコンをクリックするか、「ファイル(F)」→「開く(Ctrl+O)」として画像を選択するか、画像のアイコンをマカリィのウィンドウにドラッグ&ドロップして、画像を開いて下さい。

2 枚の画像を開いたら、「ウィンドウ(W)」→「左右に並べて表示(H)」として下さい(図 2 の状態)。このように並べて表示しておくと、後の作業が行いやすくなります。

明るい恒星から暗い恒星まできちんと見えるように、「画像表示(V)」メニューやツールバーの「対数」「三角形」のマークを動かすなどして下さい。いろいろ動かしてみて、

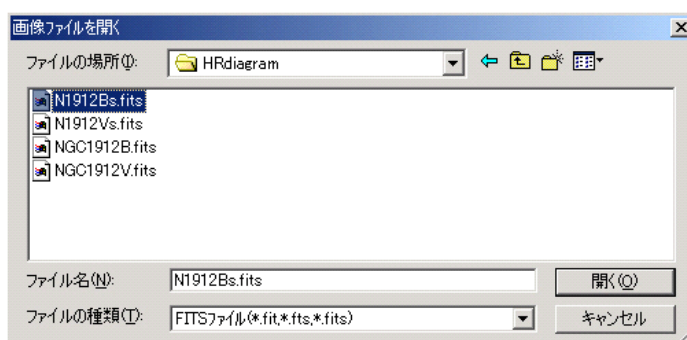


図 1 「開く」アイコンをクリックして現れる窓

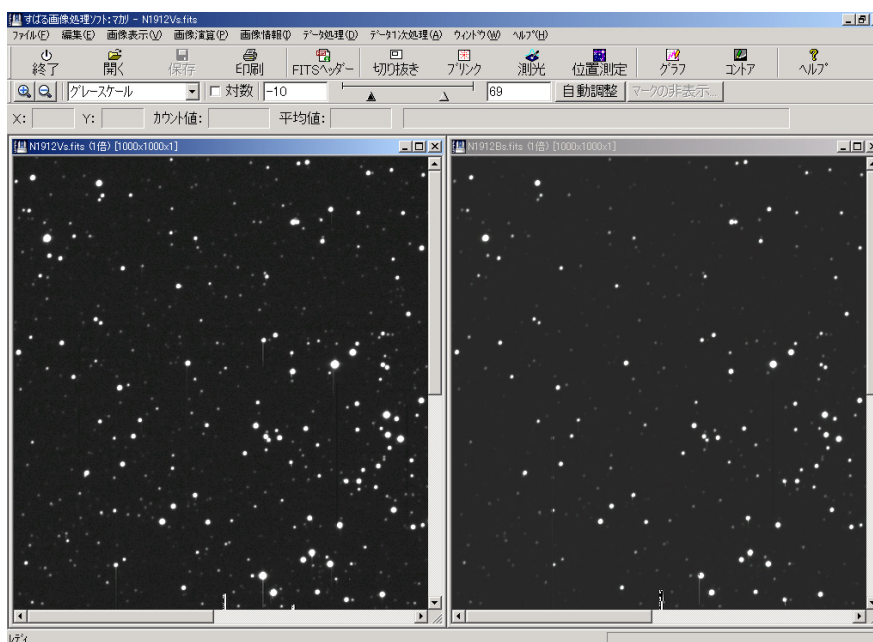


図 2 2 枚の画像を左右に並べた状態

2つの画像とも、明るい恒星から暗い恒星まで良く見えるようにして下さい。

いよいよ測光作業に入ります。「測光」アイコンをクリックするか、「データ処理(D)」→「測光(A)」とすると、アクティブな画像の「測光」ウィンドウが開きます。

「N1912Bs.fits」と「N1912Vs.fits」それぞれの画像をアクティブな状態にして、「測光」ウィンドウを開いて下さい。「測光」ウィンドウ内には、「測定半径(M)」「半径設定(R)」などの設定項目がありますが、これらの設定は変更しなくて構いません。実際に測光作業を行う際に邪魔にならないように、図3のように「測光」ウィンドウは画面の端(下など)に寄せておくと、良いでしょう。

※ アクティブな…タイトルバー(ウィンドウの上の部分)が青くなっている状態のこと。「マカリィ」では、アクティブな状態の時のみ、画像処理を行うことができます。

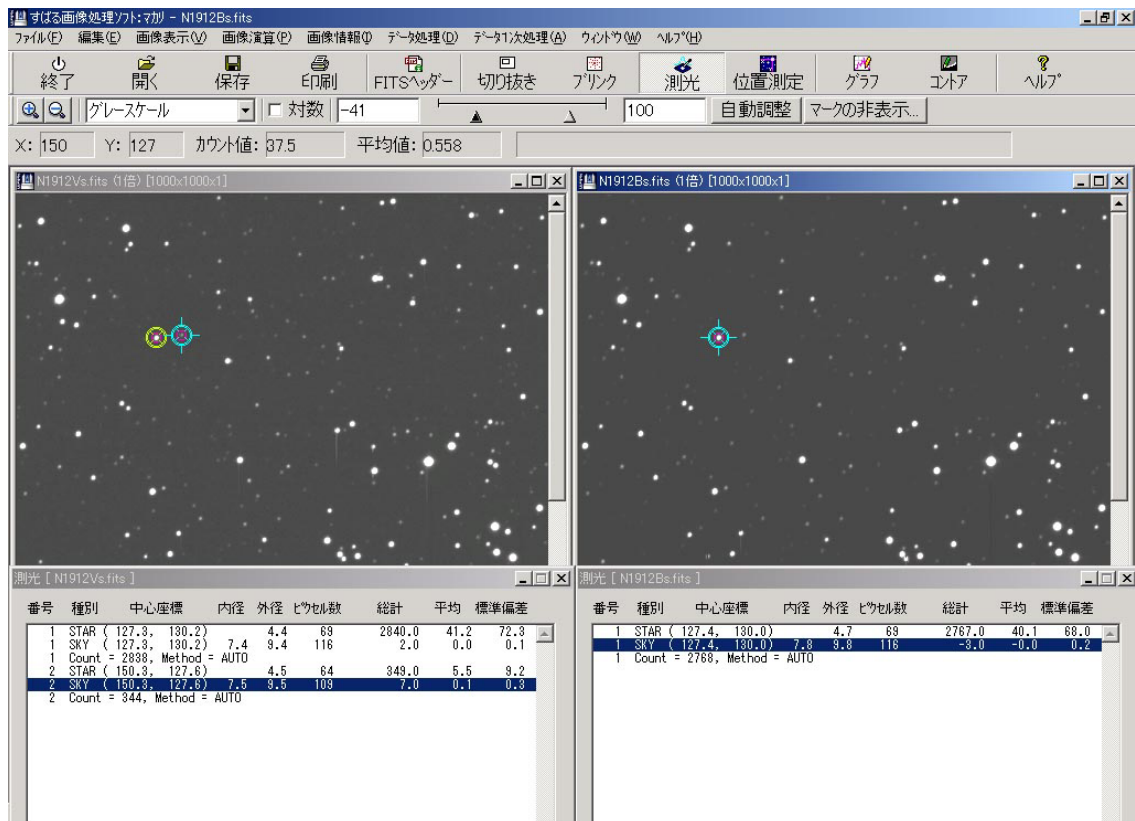


図3 測光作業中の画面

実際の測光作業は、画像上の個々の恒星をクリックすることで行うことができます。画像の上にマウスカーソルを持っていくと、マウスカーソルの形が4つの突起がついた円の形になります。測定したい恒星を、だいたい良いのでこの円の中心に来るようにマウスを動かし、クリックして下さい。すると、「測光」ウィンドウに、今クリックした恒星のデータが表示されます。それぞれのデータには番号が付けられ、中心座標・カウント値などが記録されます。

この作業を、「N1912Bs.fits」と「N1912Vs.fits」それぞれの画像の恒星について行って下さい。この際、測光する恒星は2つの画像で同じ恒星を選んで下さい。測光する恒星の順番は、2つの画像それぞれでなるべく同じになるようにして下さい(ただし、同じにならなくても構いません。後のExcelマクロによる処理で恒星の位置座標で同定を行います。その際、座標が対応していない恒星のデータは破棄されます。無駄な測定をなるべくしないように、順番に同じ恒星を測定してゆくと良いでしょう)。

授業の時間が許す限り、できるだけたくさんの恒星を測光しておくと思いますが、実際にはそれほど時間は取れないと思いますので、20～30分位この作業を行って、100個程度の恒星を測光すれば良いでしょう(何個の恒星を測光したのかは、測光データに振られる番号で確認できます)。この位の数のデータがあれば、みかけの等級の主系列を描くことができるので十分でしょう。

測光が終わったら、データを保存してください。「測光」ウィンドウの右下の方にある「テキスト出力(T)...」ボタンをクリックすると、「名前を付けて保存」ウィンドウが開きます。ファイルを保存する場所を選び、「ファイル名(N)」にファイル名を入力して、「ファイルの種類(T)」をCSVファイル(\*.csv)を選択して、「保存(S)」ボタンをクリックして下さい。2つの画像それぞれの「測光」ウィンドウでこの保存作業をして下さい。ファイル名を特に変更しなかった場合には、「N1912Bs-Aperture.csv」「N1912Vs-Aperture.csv」の2つのファイルができます。

以上で測光の作業は終了です。マカリイは終了しても構いません。

(2) Excelでみかけの等級を算出し、プロットしてHR図(CM図)を作成する

Excelを起動し、図5のようにダウンロードしたファイル「NGC1912CM.xls」を開いて下さい。このファイルでは、マクロを使用しています。開く際にマクロが有効になるかどうか尋ねられる場合は、必ず有効にするようにして下さい。

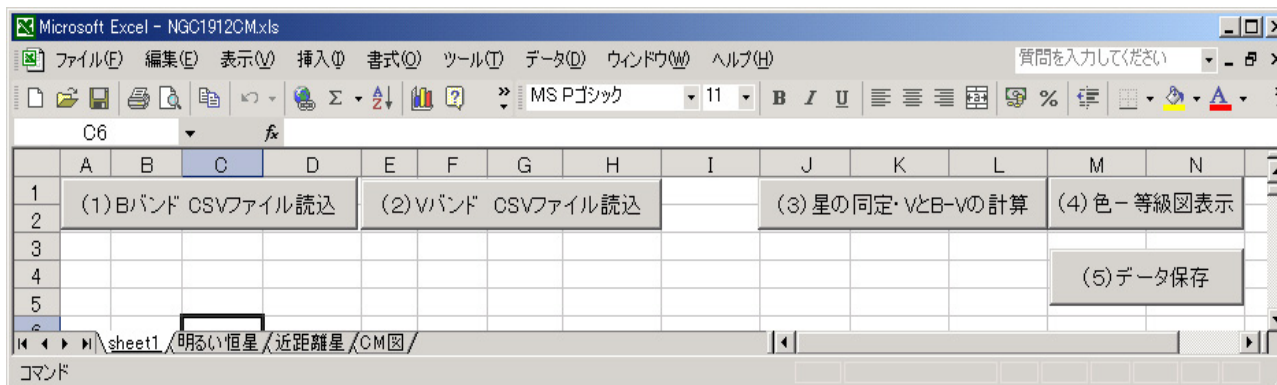


図4 「NGC1912CM.xls」ファイルをExcelで開いた状態

使用するExcelのバージョンによっては、マクロを有効にするために一定の手続きが必要になる場合があります。新しいバージョンのExcelでは、初期設定では任意のマクロを利用することができないようになっています。オンラインヘルプなどを参照して、Excelでマクロを使えるように設定してください。ちなみにExcel2002では、「ツール(T)」→「マクロ(M)」→「セキュリティ(S)」として「セキュリティ レベル」タブを開

き、「中」または「低」にチェックを入れることで、マクロを使うことができるようになります。

このファイルには、全部で4つのシートがあります。そのうちの「sheet1」タブをクリックして、前面に出して下さい。「sheet1」には全部で5つのボタンがありますが、このうち(1)～(3)のボタンを使用します。

「(1)Bバンド CSV ファイル読込」ボタンをクリックして下さい。するとまず「設定」ウィンドウが開きますが、これは変更しないでそのまま「OK」ボタンをクリックして下さい。続けて「ファイルを開く」ウィンドウが開きますので、先ほど測光作業で保存した「N1912Bs-Aperture.csv(または自分で入力したファイル名)」を選択し、「開く(O)」ボタンをクリックして下さい。測光時の番号・座標値・Bバンドでの測光カウント値が読み込まれます。

さらに、「(2)Vバンド CSV ファイル読込」をクリックし、同様にしてデータを読み込んで下さい。ファイル名を変更しなければ、「N1912Vs-Aperture.csv」を読み込んで下さい。

その後、「(3)星の同定・VとB-Vの計算」をクリックして下さい。座標が一致した恒星について、Vバンドでのみかけの等級と、B-Vが計算され、表示されます。パソコンの性能によっては、計算終了までに若干時間がかかります。

次に、「CM 図」シートを開いてください。このシートには、図5のようなグラフが自動的に描かれています。「(3)星の同定・VとB-Vの計算」ボタンで求めたデータが、ピンク色四角形の点で表示されます。測定したデータによって、NGC1912の恒星のみかけの等級の主系列が描かれていることでしょう。また、「明るい恒星

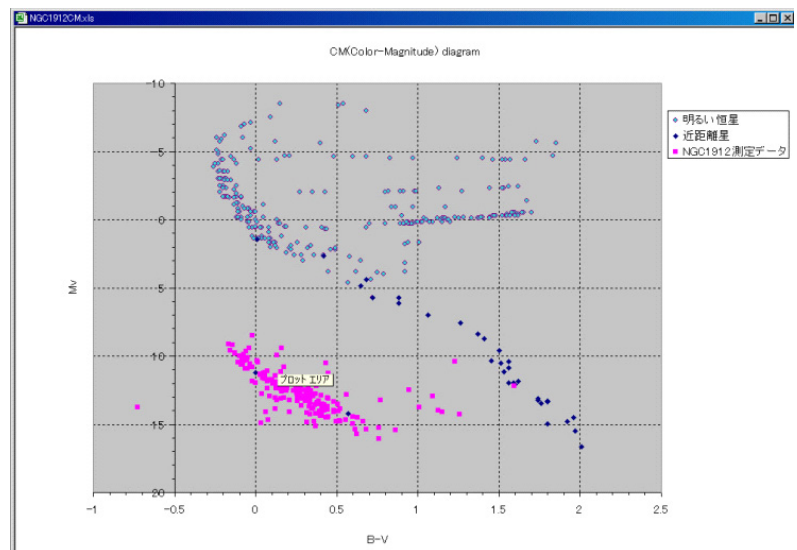


図5 「CM 図」シートに作成されたグラフ

星」シートと「近距離星」シートのデータによって、絶対等級とスペクトル型の基準となる主系列も描かれています(データは参考文献(2)の付録より引用しました)。

この後の作業のために、できればこのグラフを印刷した方が良いでしょう。

### (3) 距離指数を見積もり、散開星団の距離を求める

パソコン画面または印刷した紙に描かれている2つの主系列を見て、等級差を見積もって下さい。これが距離指数( $m-M$ )となります。この距離指数から、NGC1912までの距離を計算によって求めます。NGC1912の見かけの等級による主系列と、「明るい恒星」「近距離星」の主系列に線を引くと、等級差の見積もりをしやすくなるでしょう。

見積もった距離指数と距離  $r$  [パーセク]との関係は、次の式で求められます。



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

理科年表では、NGC1912 までの距離は 4610 光年 (約 1400 パーセク) となっています。見積もった等級差は、おそらく 9~12 くらいになるでしょう。等級差を上記の式にあてはめた場合の距離は、表 1 の通りになります。見積もりが 1 等級異なると、距離が大きく異なることがわかります。

距離指数	距離[パーセク]
9	631
10	1000
11	1585
12	2512

表 1 距離指数と距離の関係

#### 4. 背景

生徒には、「求めた距離はひとりひとり大きく違っているかも知れない。しかしこの実習では、距離指数の見積もりを正確に行うことよりも、実習すること自体が大切である」ことを伝えると良いでしょう。また、利用した画像や Excel ファイルには、等級が正確に求められるように、あらかじめ処理や初期値が設定されています。興味を示した生徒には、そのようなことも伝えると良いでしょう。

色指数・HR 図(CM 図)・星団の進化などについては、実習『星団の HR 図を作ろう』教師用解説書の「4. 背景」に詳しく掲載しているので、そちらも合わせて参照して下さい。

#### 5. 参考文献

- (1) 宇宙の広さは測れるか 吉田正太郎 地人書館
- (2) 新・宇宙を解く 横尾武夫 編 恒星社
- (3) FITS の手引き 第 5 版 天文情報処理研究会

2004 年 1 月 作成

2004 年 7 月 修正