

星の等級と明るさ ～マカリで測光しよう～

天体写真は解析用に適した形式で保存されていればマカリを使用して明るさを測ることができます。

まずはやってみましょう！

1. マカリで明るさを測る

- (1) マカリを立ち上げて、M45 の画像 (M45V1_4.fit) を開く。
- (2) 「レベル調整」機能を使って、M45 の画像を見やすくする。
- (3) 「測光」ボタンをクリックして、「開口測光モード」を選択する。
- (4) M45 の星のうち、測光する星を図1のチャートを参考に選んで、番号順に測光する。
- (5) 星の画像を囲むように、円形のカーソルを置き、位置を表す X、Y の値で星を確認してから測光 (クリック) する。
- (6) 開口測光ダイアログの3行目の「C o u n t」の値を読み取り、下の表1. 「測光結果」のカウント値の欄に記入する。
- (7) チャートに番号がある星を全部測定し、同時に番号の右側に記載してある V 等級の値も記録する。

2. E x c e l を使ってグラフを作る

- (1) E x c e l の (入力用シート) を開き、表1の値を入力する。
- (2) E x c e l のグラフ機能で散布図を作成する。

3. グラフから等級と明るさ (カウント値) の関係を考える

- (1) 作図したグラフから、M45 の星の V 等級と星の明るさを示すカウント値はどのような関係 (相関関係) になっているか？

- (2) グラフ (相関図) で、V 等級 (横軸) が3等級と8等級の5等級差で、カウント値はおよそ何倍になっているか？

- (3) E x c e l のグラフが直線になるようにするにはどのようにすれば良いか？

4. 等級のわからない天体の等級を決定する

これまでの結果を用いて、表1で等級の判明していないA~Cの恒星の等級を求め、確認しましょう。

※星の明るさと等級

①星の明るさ「等級」を決めた（ヒッパルコス）

星の明るさは「等級」で表すが、これを最初に考案したのは、紀元前2世紀ころ、ギリシャのヒッパルコス（Hipparchos）である。肉眼で見える最も明るい20個の恒星を1等星、次に明るい星を2等星、……肉眼で見える限界の星を6等星、と6段階にグループ分けをした。そして、星の位置と明るさを星図にまとめた。

②星の明るさを測定した（ハーシェル）

天王星を発見したイギリスの天文学者ウィリアム・ハーシェルの息子、ジョン・ハーシェル（John Frederick William Herschel, 1792年–1871年）は1等星の明るさは6等星の100倍であることを発見し発表した。大きい望遠鏡と小さい望遠鏡を用いて、大きい望遠鏡で暗い星を小さい望遠鏡で明るい星を見て、同じ明るさに見えたとき、2つの星の明るさは望遠鏡の口径の比の2乗倍だけ違うと考えた。その結果、1等と2等、2等と3等というような各等級ごとの明るさの比（光比）が約2.5倍であることに気づいた。

③等級を式で表す（ポグソン）

観測技術が進歩してくると、星の明るさを数値でしっかり表すことが必要になってきた。1853年、イギリスのポグソン（Norman Robert Pogson, 1829年–1891年）が定量的に測定した「1等星は6等星の100倍明るい」という観測結果を基に、等級を数式で表すことを考え、次のように定義した。

1等星と6等星の等級差は5等で、100倍明るいということ。1等級あたりでは100の5乗根で約2.5倍（正確には2.511886……）明るいということ。すなわち、二つの星の等級を m_1 、 m_2 （ $m_1 < m_2$ ）、それぞれの明るさを L_1 、 L_2 （ $L_1 > L_2$ ）とすると、

$$m_2 - m_1 = 5 / 2.5 \log (L_1 / L_2)$$

あるいは

$$m_2 - m_1 = -5 / 2.5 \log (L_2 / L_1)$$

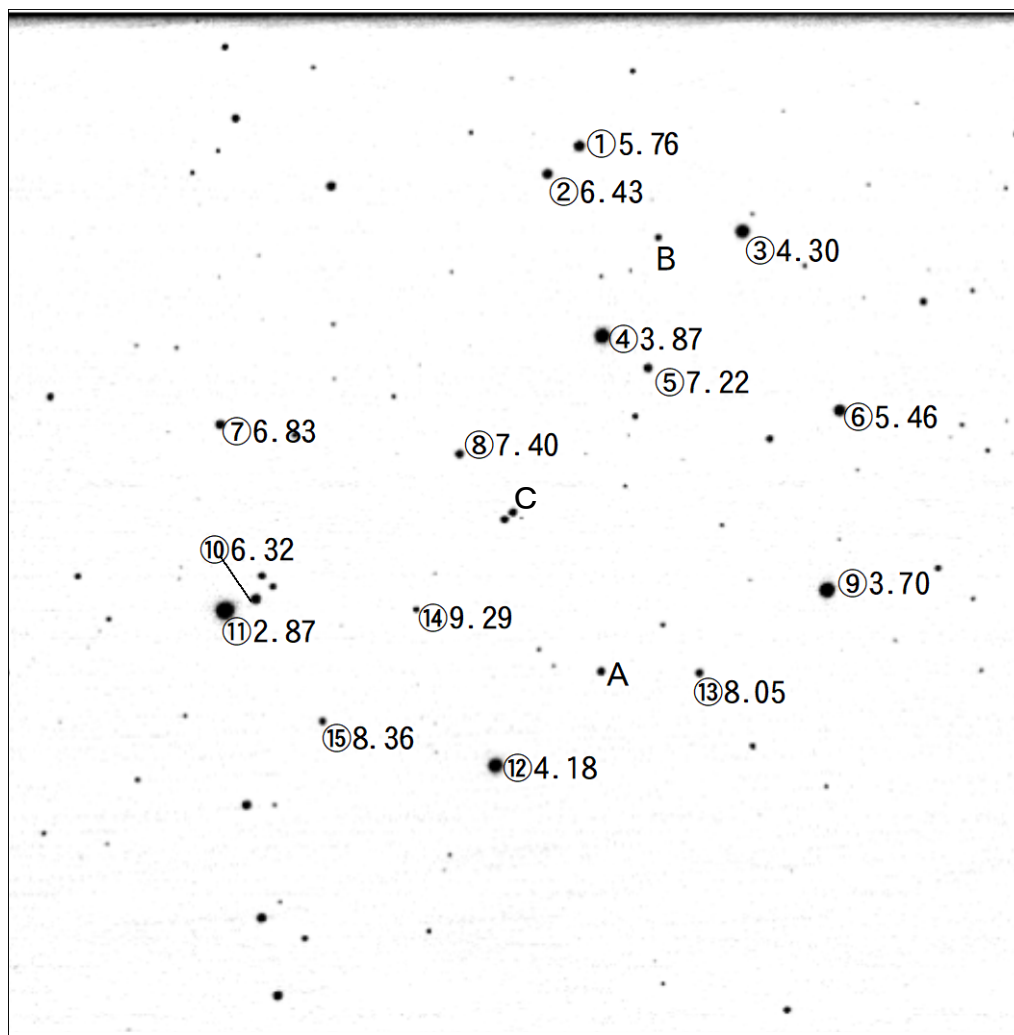
となる。

これは **ポグソンの公式** といわれており、現代でもこの定義を用いて、等級の決定をしている。

表 1. 測光結果

番号	X	Y	V 等級	カウント値
1	288	444		
2	272	430		
3	370	401		
4	300	349		
5	323	333		
6	419	312		
7	108	305		
8	228	290		
9	413	222		
10	125	217		
11	110	211		
12	246	134		
13	348	181		
14	206	212		
15	159	156		
A	299	181		
B	328	398		
C	255	261		

M45 星表



天体写真に写る天体の明るさ

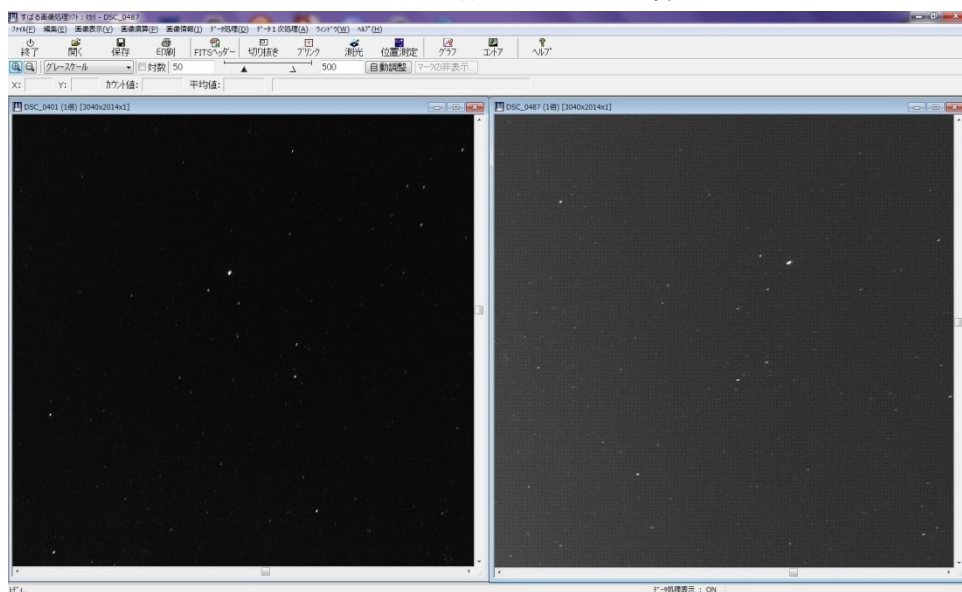
1 天体写真に写っているもの

天体写真は同じ天体を撮影しても、撮影したときの条件や天体の種類などにより写り方が一定ではありません。

① 環境・月齢・天候などの影響

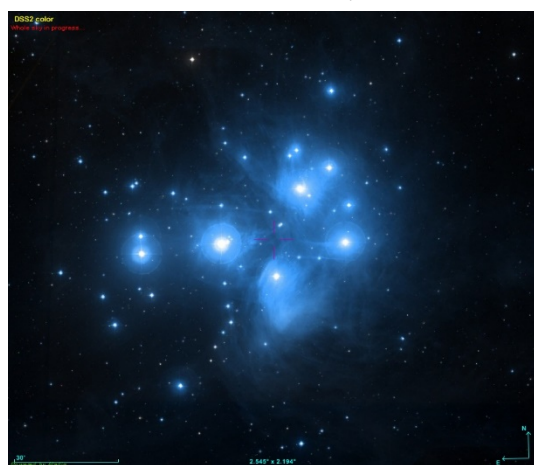
次の写真は、撮影日の異なる写真を露出時間等機材の条件は揃え、同じレベル表示範囲に調整したものです。

空が明るいと、空の明るさの上に天体の明るさが加算されることになります。



②天体の状況

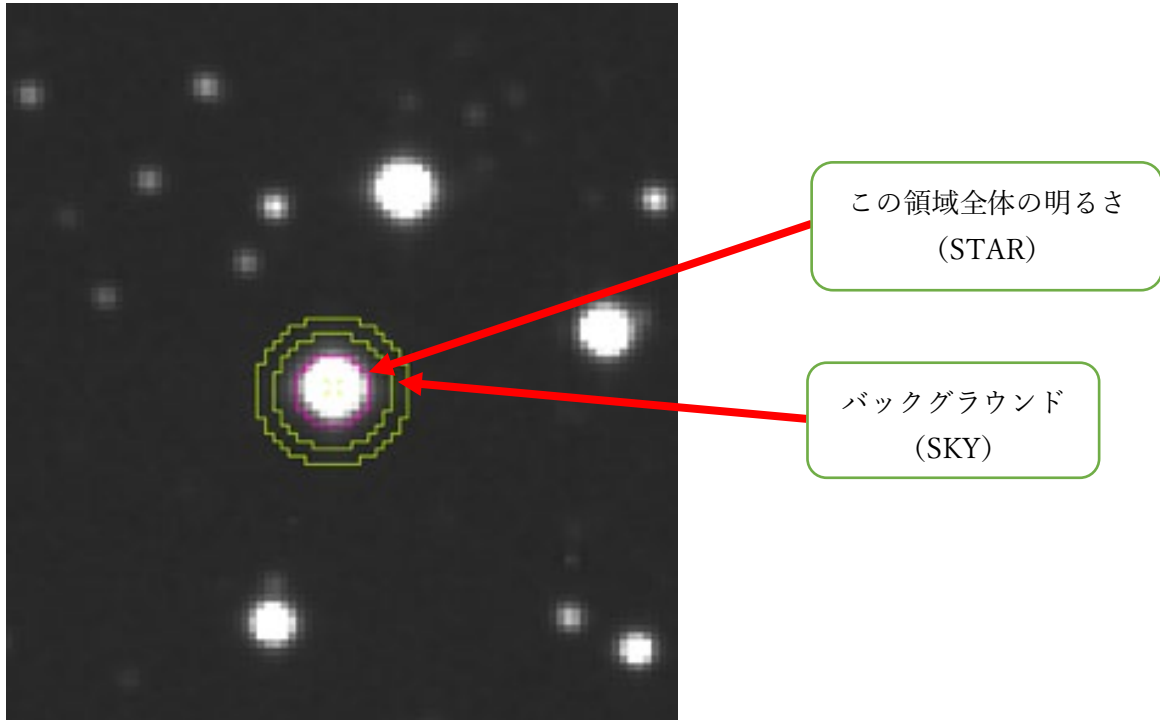
今回使用したデータの、M45の場合、ガスの中にあることがわかります。この場合、ガスの明るさに恒星の明るさが加算されます。



※マカリでは、これらの条件の異なる場合でも目的の天体の明るさを計測できるようになっています。

マカリの測光の原理

デジタルカメラなどに使用されている CCD や CMOS などの画像素子は光を電気信号に変換して電子としてためていきます。光が強いほどたくさんの電子がたまることになります。つまり、明るい天体ほどたくさんの電子がたまり、その量を測ることで天体の明るさを知ることができます。



マカリの測光機能では、2重の円の内側の明るさ (STAR) から、内側の円と外側の円に囲まれた部分 (SKY・・・バックグラウンド) の明るさの平均値を内側の円の面積換算で引き算した物が天体本来の明るさ (Count) として算出されます。

開口測光 [N1912Vs.fits]

番号	種別	中心座標	内径	外径	ピクセル数	総計	平均	標準偏差
1	STAR	(557.2, 544.4)	4.5	69	69	41995.0	608.6	1071.2
1	SKY	(557.2, 544.4)	7.5	9.5	116	151.0	1.3	1.0

Count = 41905, Method = A010

測定半径(M):
 半自動
 重心を探す
 自動

マーク:
非表示(F)
全表示(B)

半径設定(R):
恒星径 5 ピクセル
SKY内径 10 ピクセル
SKY幅 2 ピクセル
重心検索 3 ピクセル
デフォルト(E)

テキスト出力(O)...
1件削除(D)
全件削除(A)
閉じる(C)
ヘルプ(H)

この場合

STAR⇒41995 (69 ピクセル)

SKY ⇒151 (116 ピクセル) なので

Count は

$41995 - 151 \times (69/116)$

$= 41995 - 90 = 41905$

となります。