

1. 測光とは

「FITSデータを使って測光する」とは、どのようなことをするのでしょうか。まず、図1を見て下さい。これは、星の画像をズームボタンで大きく拡大したものです。

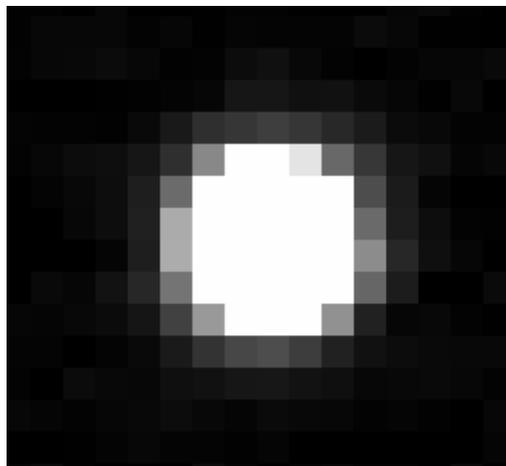


図1. 恒星の拡大

FITSデータは格子上に並んだ受光素子が受け取った光の量を数値にしたものを1行1行並べています。画像表示の格子一つ一つをピクセルといいます。画面表示のピクセルの明るさは、FITSデータの値に応じて、大きな値に対して白く、小さくなるに従って暗くなるように決定されています。表1のような値のデータに対して、画面表示は図2のようになります。ここでは、最大輝度を255に設定しています。

	1	2	3	4	5
1	33	65	92	57	3
2	98	163	203	133	42
3	105	210	250	192	89
4	97	174	207	150	36
5	6	80	88	34	4

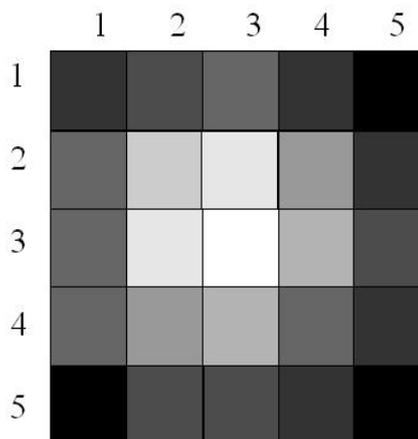


表1. ピクセルの値

図2. 画面表示

Makali'i の情報バーに表示されるカウントは、カーソルが当たっているピクセルの持つ値を示しています。

## 2. 測光ダイアログ

恒星の画像データを開きます。ここでは超新星教材の"0426\_c.fits"を使っています。

ツールバーの測光ボタンをクリックすると、測光ダイアログが開きます。画像の上に重なって開きます。図3のように、画像が見やすい位置に移動しておきましょう。

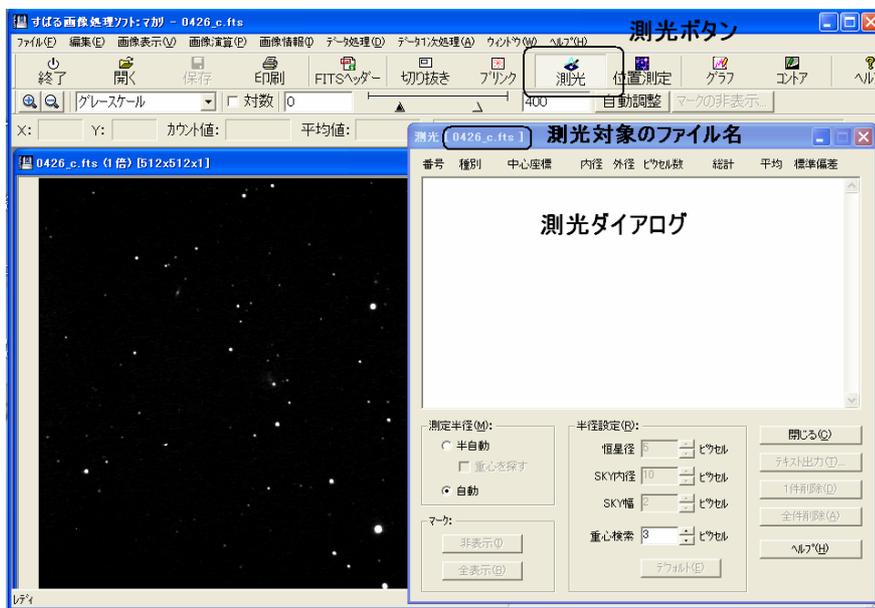


図3. 測光ダイアログボックス

## 3. 自動モードでの測光

Makali i の測光には、自動モードと半自動モードの2つの測光方法が選択できます。デフォルトは自動モードです。ここでは、自動モードの測光を試みます。

マウスカーソルを画像の上に移動すると、矢印形から測光用の丸いカーソルに変わります。の真ん中に測光したい星を捉えてクリックすると、図4のように測光データがダイアログに表示されます。画像の上には水色の測光マークが現れます。



図4. 測光マークと測光データ

測光を行うと測光ダイアログに結果が表示されます。図5のように1つの星について3行のデータが得られます。

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 ( 364.7, 141.4)			3.6	37	129736.0	3506.4	6310.8
1	SKY ( 364.7, 141.4)		5.7	7.7	80	661.0	8.3	7.7

Count = 129430, Method = AUTO

図5 . 測光の結果

#### 1) S T A R 行 測光したい天体に関する情報

中心座標 : 図6のように、赤い のマークの中心で、カウント値の重心を計算したものです。

ここでは、 $x=364.7$ 、 $y=141.4$  となっています。

外径 : 赤い のマークが自動的に決めた測光半径です。

ここで中心座標から測光範囲の半径が3.6です。

ピクセル数 : 中心座標から外径までの中に入るピクセル数です。

ここでは、31ピクセルあります。

総計 : 測光範囲のピクセルのカウント値の合計です。他に、平均や標準偏差も表示されています。

ここでは、総計 = 129736.0、平均 = 3506.4、標準偏差 = 6310.8



図6 . マーク

#### 2) S K Y 行 周囲の空の明るさに関する情報

中心座標 : S T A R 行の中心座標と一致しています。

内径、外径 : 水色の二重枠の中のピクセルを対象にします。

ここでは、内径 = 5.7、外径 = 7.7 になっています。

ピクセル数 : 内径と外径の間にあるピクセルの数になります。

ここに80ピクセルあることがわかります。

総計 : スカイの対象ピクセルのカウント値の合計です。他に平均や標準偏差も表示されています。

総計 = 661.0、平均 = 8.3、標準偏差 = 7.7 となっています。

## 3) Count行

Count : バックの空の明るさの影響を差し引いた天体のカウント値です。

$Count = STAR \text{ 総計} - SKY \text{ 平均} \times STAR \text{ ピクセル数}$ となります。

是非ご自分で確かめてみてください。

Method : 測光モードを表しています。

自動モードなので"AUTO"になります。

## 【自動モードのオプション】

重心検索の半径を変更してみましょう。測光ダイアログの重心検索テキストボックスの値(3になっている)を50前後に設定してください。数値を直接入力してもいいですし、増減ボタンを利用してもかまいません。

数値を変更したら、明るさの似ている近接した2個の星のどちらかにカーソルをあわせて測光してください。

測光マークが星のない部分に現れました。重心を探す範囲が広いために、周辺の星の影響を受けてずれているのです。この重心検索の値を大きくすると、たくさんの星をどんどん測光する場合に、多少カーソルの位置のずれがあっても重心を探してくれるので便利ですが、あまりに大きくしすぎると逆に星の測光をしにくくなるかもしれません。

## 4. 複数の天体の測光

複数の天体の測光を行うには、測光したい天体を次々にクリックします。ここでは数個の天体を測光してみてください。図7のように測光ダイアログボックスに測光値が複数表示されます。ダイアログボックスの「番号」は測光した順です。

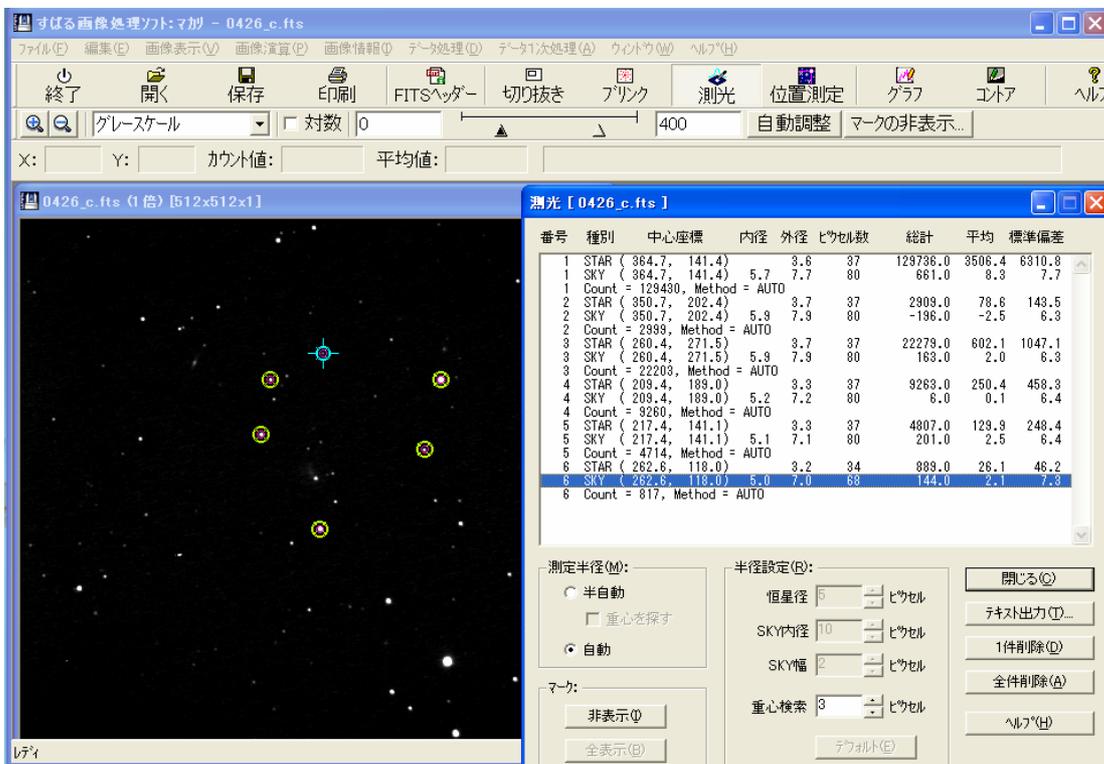


図7. 複数の天体の連続的な測光

測光ダイアログボックスの測光値が反転している行があります。最後に測光した天体のところにあると思います。では、ちがう番号の天体の「STAR」行をクリックしてください。画像画面で何が起こりましたか。こんどは、「SKY」行をクリックしてください。画像画面で何が起こりましたか。このように、測光した天体がどれか知りたくなるときは、ダイアログボックスの行をクリックします。

次に、ダイアログボックスの最後でない番号の天体をどれか選んでください。「1件削除」ボタンをクリックし、「o k」します。何が起こりましたか。画像の測光マークも連動して消えたのに気づきましたか。また、同様に「全件削除」ボタンをクリックすると何が起こりますか。

ここで、コマンドバーの「マーク非表示」とダイアログボックスの「全削除」とは起きることの意味が異なります。実際に操作してみてください。「マーク非表示」はマークが消えるだけです。

5 . テキスト出力とその利用

Makali i には測光結果を表計算ソフトなどで利用可能な CSV 形式(テキスト)でデータをファイルに書き出す機能があります。CSV とは、カンマで区切られたデータの列のことです。では、複数の天体を測光してください。図 8 の測光ダイアログボックスの「テキスト出力」ボタンをクリックします。図 9 のような保存ダイアログボックスが開きます。



図 8 . テキスト出力ボタン

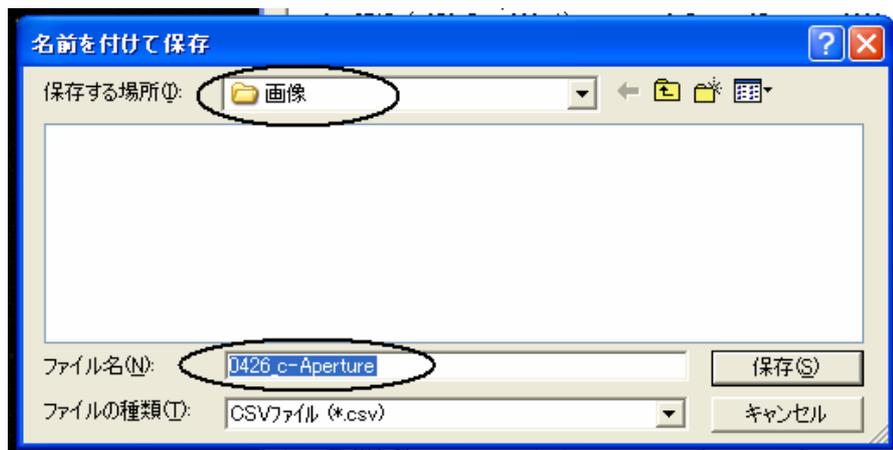


図 9 . 保存ダイアログボックス

ファイルはどこに作られるでしょうか。保存ダイアログボックスの「保存する場所」を見てください。これは、画像があったフォルダです。必要なら別のフォルダを指定します。ファイル名はどうでしょう。これは、画像ファイルと同じ名前になっています。もちろん拡張子は画像の「.fits」ではなく、テキストファイルの「.csv」となります。

どのようなファイルができたのか、表計算ソフトで開いてみます。

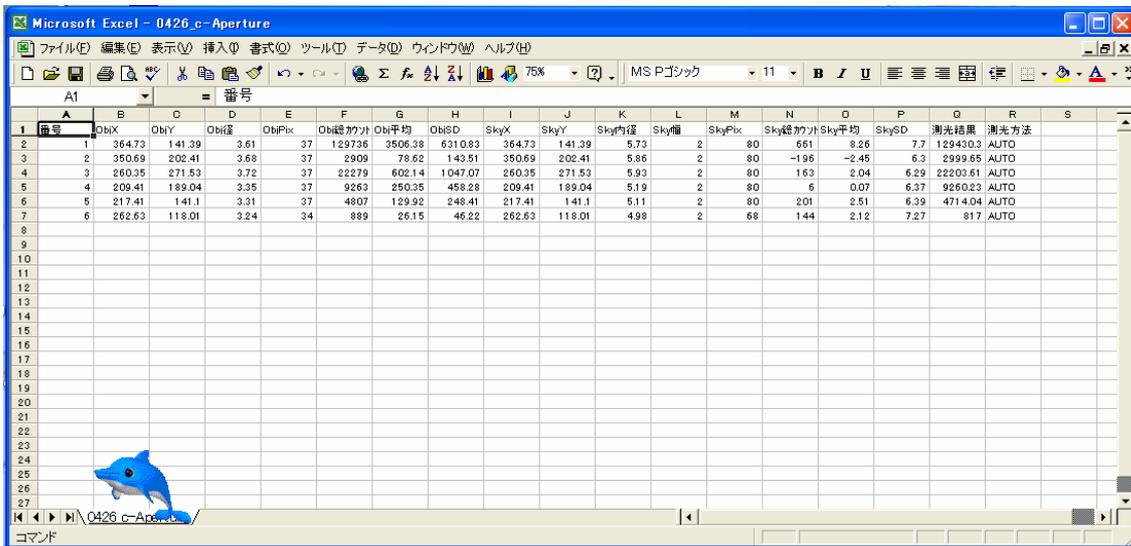


図 10 . テキスト ( c s v ) ファイルを表計算ソフトで開いた

最初の行が項目です。各データは測光ダイアログボックスでは1天体につき3行が使われていましたが、c s vでは、ちゃんと1行になっていることがわかります。最後の項目は測光方法で、これより後にデータはありません。

このように、表計算ソフトにデータが読み込めば、「測光結果」を使ってカウント値を等級に表現したり、異なる天体の明るさを比較したりすることが簡単にできるようになりますね。

【注意】

測光などをした後、画像を閉じたり Makali'i を閉じたりするとき、図 11 のようなメッセージが現れます。Makali'i は作業の記録を画像ファイルのヘッダという部分に保存できます。今の作業を一時中断して、次回にまた続きをやりたいときなどは「はい」で保存するとよいでしょう。元の画像をそのままにしたいときは、「いいえ」で記録を残さないようにもできます。

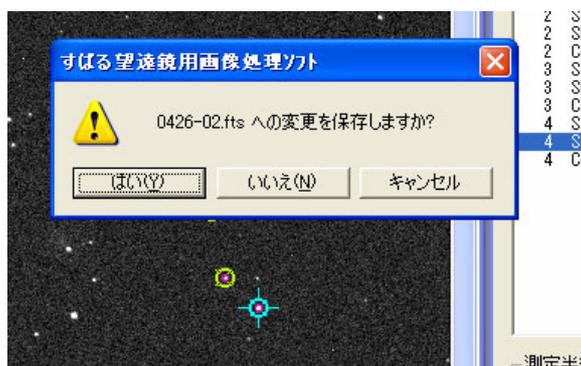


図 11 . 変更の保存

付．等級について

星の測光というとおなじみの等級が表示されるような気がしますが、測光ででてくるのは、CCDで集めた光の量に比例する数値だと理解してください。等級はこの値を使って標準となる星との比較で計算する必要があります。画像の次の座標にある恒星の見かけの明るさがわかっているので、これを用いて恒星の等級を計算してみます。

比較星	x 座標	y 座標	みかけの等級
GSC 3866 276	2 1 0	1 9 0	1 4 . 2
GSC 3866 631	2 1 8	1 4 2	1 4 . 8

表 2 . 標準星



図 1 2 . 標準星と測光星

等級と光度の関係は次のようになっています。

$$m = m_0 - 2.5 \log \frac{l}{l_0}$$

m: 観測星の等級      m<sub>0</sub>: 比較星の等級

l: 観測星の測光値    l<sub>0</sub>: 比較星の測光値

等級のわかっている比較星は「1」で、14.2等星です。そのカウント値は9260となっています。等級を調べたい星は「2」で、カウント値は4287です。つまり m<sub>0</sub>=14.2、l<sub>0</sub>=9260、l=4287 を上の式に代入してmを求めればよいのです。ちなみに対数は常用対数です。

$$m = 14.2 - 2.5 \log \frac{4287}{9260}$$

$$= 15.0$$

15.0等星であることがわかりました。このような作業は多くの比較星を用いて行うことで、より正確になります。ここで使っていないもう一つの比較星 GSC 3866 631 も使ってみてください。