

DIMM のピクセルサイズ測定

沖田 博文

2008/01/16-18

1 シーイングサイズ測定の意味

観測で得られる天体の位置は、CCD のピクセルの位置として記述される。よって 1 ピクセルが何秒角に相当するかあらかじめ求めておく必要がある。

2 The Sky を使った天体の位置

The Sky というプラネタリウムソフトの [天体情報] に表示されるビッパルコスカタログの赤経・赤緯の値 (元期 2000) を使って写野内の 2 つの天体 (天体 a、天体 b と呼ぶ) の位置を調べておく。これは arcsec の単位で有効数字 5 桁の値である。

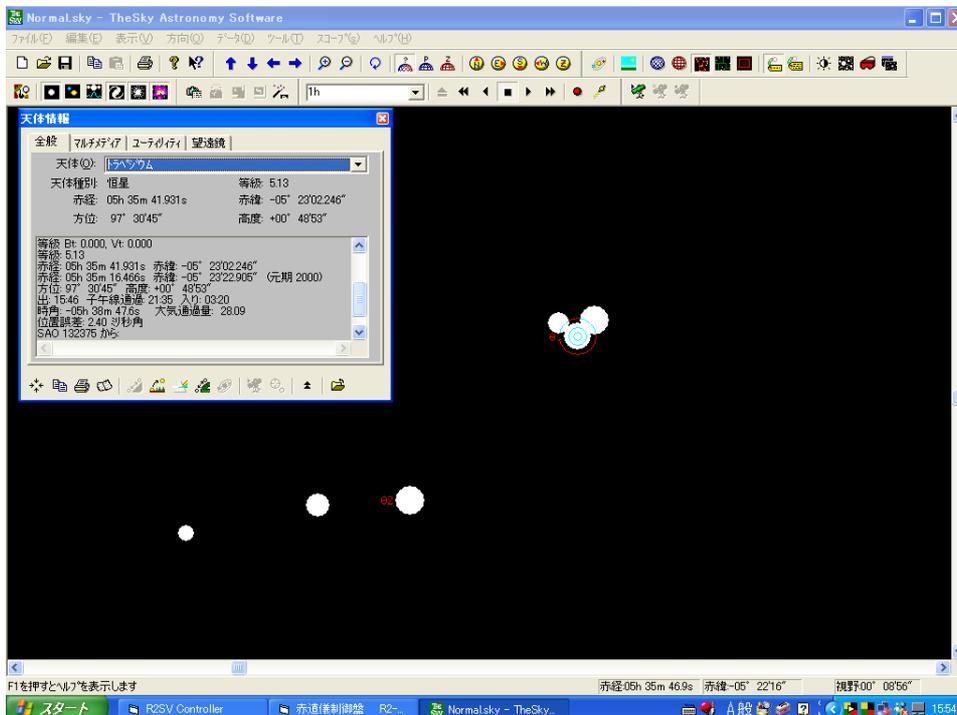


図 1 The Sky のスクリーンショット

3 余弦定理を使って天体 a、b 間の離隔の算出

ここでは余弦定理を用いて天体 a、天体 b の間の距離を求める。余弦定理より、

$$C^2 = A^2 + B^2 - 2AB \cos \theta \quad (1)$$

よって

$$\theta = \arccos \frac{A^2 + B^2 - C^2}{2AB} \quad (2)$$

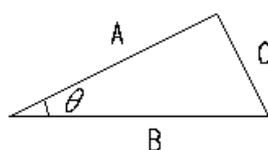


図2 余弦定理

また天体の位置は球面極座標 (r, δ, α) で記述されている。ここで直交座標 (x, y, z) と球面極座標 (r, δ, α) の変換式は

$$x = r \cos \delta \cos \alpha \quad (3)$$

$$y = r \cos \delta \sin \alpha \quad (4)$$

$$z = r \sin \delta \quad (5)$$

ここで赤緯は北極で $+90^\circ$ 、赤道で 0° 、南極で -90° であることに注意する。

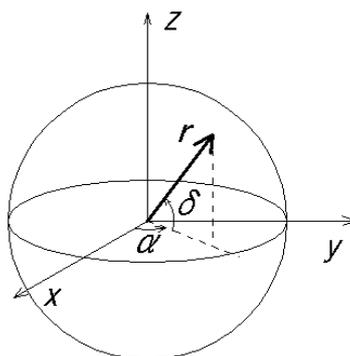


図3 天球座標と xyz 座標

天球面を $r = 1$ とする。天体 a, b の天球面での「直線」距離 C を求める。天体 a $(x_a, y_a, z_a) = (1, \delta_a, \alpha_a)$ 、天体 b $(x_b, y_b, z_b) = (1, \delta_b, \alpha_b)$ とすると、

$$\begin{aligned} C^2 &= (x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2 + (z_a - z_b)^2 \\ &= (\cos \delta_a \cos \alpha_a - \cos \delta_b \cos \alpha_b)^2 + (\cos \delta_a \sin \alpha_a - \cos \delta_b \sin \alpha_b)^2 + (\sin \delta_a - \sin \delta_b)^2 \end{aligned} \quad (6)$$

これから天体 a、天体 b の離隔を求める。式 (2) に $A = 1$ 、 $B = 1$ を代入すると

$$\theta^\circ = \arccos \left[1 - \frac{C^2}{2} \right] \quad (7)$$

よって秒角 (arcsec) 単位で

$$\theta'' = \theta^\circ \times 3600 = \arccos \left[1 - \frac{C^2}{2} \right] \times 3600 \quad (8)$$

これに赤経・赤緯の座標を入力すればよい。

4 赤経・赤緯の角度

赤経の値は時分秒で記述されているので、以下の式で角度 [degree] に変換する必要がある。

$$\alpha^\circ = h \times 15^\circ + m \times \frac{15'}{60} + s \times \frac{15''}{3600} \quad (9)$$

また赤緯を角度 [degree] で書くと

$$\delta^\circ = degree + arcmin \times \frac{1}{60} + arcsec \times \frac{1}{3600} \quad (10)$$

5 1 ピクセルの大きさ

観測に用いるワテック製 WAT-100N カメラの 1 ピクセルの大きさは $8.4\mu m(H) \times 9.8\mu m(V)$ と水平軸 (H)、垂直軸 (V) でピクセルの大きさが違う点に注意。なお画素数は $768(H) \times 494(V)$ である。天体 a がピクセル (H_a, V_b) 、天体 b が (H_b, V_b) に写っているとき、2 つの天体の焦点面での距離 $r[\mu m]$ は

$$r = \sqrt{[(H_a - H_b) \times 8.4]^2 + [(V_a - V_b) \times 9.8]^2} \quad (11)$$

6 ピクセルサイズを求める

先に求めた天体 a、天体 b の距離 $\theta[arcsec]$ と焦点面での距離 $r[\mu m]$ を用いて水平軸 (H)、垂直軸 (V) それぞれのピクセルサイズ [arcsec/pix] が計算できる。水平軸 (H)、垂直軸 (V) はそれぞれ

$$Pixelsize_H[arcsec/pix] = 8.4 \times \frac{\theta''}{r} \quad (12)$$

$$Pixelsize_V[arcsec/pix] = 9.8 \times \frac{\theta''}{r} \quad (13)$$

7 実際の計算

南極 40cm 望遠鏡に WAT-100N ビデオカメラを取り付け、DIMM 板を取り付けない状態で 2 つの接近した恒星を撮影する。2008 年 1 月 13 日に M42(オリオン大星雲) の観測を行った。M42 中心部の 2 つの恒星、 $\theta_1 - Ori$ と $\theta_2 - Ori$ の赤経・赤緯はそれぞれ

$$\alpha_{\theta_1} = 05h\ 35m\ 16.466s = 83.818608^\circ \quad (14)$$

$$\delta_{\theta_1} = -05^\circ\ 23'\ 22.905'' = -5.3896958^\circ \quad (15)$$

$$\alpha_{\theta_2} = 05h\ 35m\ 22.901s = 83.845421^\circ \quad (16)$$

$$\delta_{\theta_2} = -05^\circ\ 24'\ 57.815'' = -5.4160597^\circ \quad (17)$$

式 (6)、式 (7) より

$$C^2 = 4.2878502 \times 10^{-7} \quad (18)$$

$$\theta = 0.037518194^\circ = 135.07'' \quad (19)$$

よって $\theta_1 - Ori$ と $\theta_2 - Ori$ の離角は $135.07''$ であることがわかる。

次に iraf を用いて写真に写っている $\theta_1 - Ori$ 、 $\theta_2 - Ori$ の重心位置を求める。表はその観測結果である。それぞれの天体の位置は大気の揺らぎによって星と星の距離が微妙に異なるため、 r の平均値を求める。なお露光時間は 1/1000 秒。

ファイル名	H_{θ_1}	H_{θ_2}	V_{θ_1}	V_{θ_2}	$r[\mu m]$
20080113152057.fits	526.210	286.721	129.107	344.956	2919.17
20080113152100.001.fits	520.984	282.313	129.543	342.182	2891.69
20080113152101.002.fits	520.537	285.991	126.894	342.795	2891.08
20080113152121.004.fits	517.488	281.769	125.471	341.756	2900.56
20080113152122.005.fits	519.362	279.492	126.861	344.336	2932.93

表 1 画像ごとの $\theta_1 - Ori$ と $\theta_2 - Ori$ のピクセル位置一覧

$$r_{average} = 2907.09[\mu m] \quad (20)$$

以上から求めるピクセルサイズは式 (12)、式 (13) より

$$PixelSize_H = 0.3903[arcsec/pix] \quad (21)$$

$$PixelSize_V = 0.4553[arcsec/pix] \quad (22)$$

なお、焦点距離 4800mm と仮定したときに、予測されるピクセルサイズは

$$PixelSize'_H = 0.361[arcsec/pix](92.49\%) \quad (23)$$

$$PixelSize'_V = 0.421[arcsec/pix](92.47\%) \quad (24)$$

(2008 年 10 月 18 日 東北大 DIMM ウエッジプリズム考察 を参照) である。水平軸、垂直軸それぞれほとんど同じ倍率で異なることから計算ミスはしていないと考えられる。また、このことより光学系の焦点距離がおおよそ 5,190mm であることがわかる。

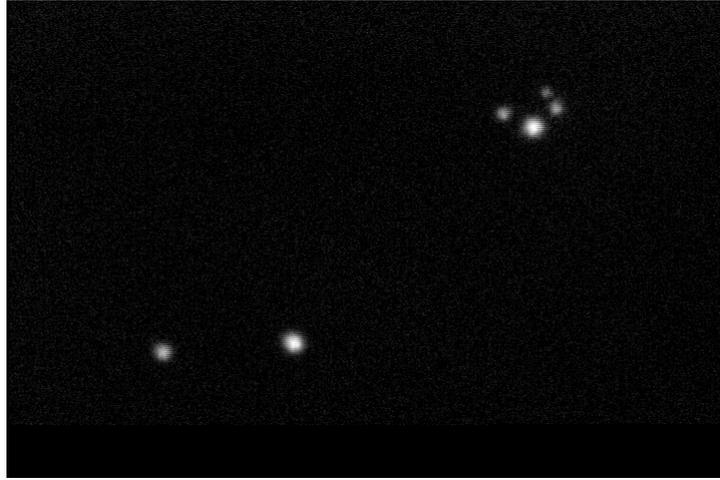


図4 WAT-100N で撮影した M42。写真右上の明るい星が $\theta 1 - Ori$ 、左下右寄りの星が $\theta 2 - Ori$

8 課題

r の平均値を求めるときに、今回の測定では 5 コマで求めたが、もっと多くの画像から平均値を求める必要があることが考えられる。また光学系がカセグレンであることから、ピント位置が変わると焦点距離も変わるため、WAT-100N ビデオカメラの取り付けは毎回同じようになるよう注意しなければならない。

9 付録：seeing ソフトのピクセルサイズ変更方法

seeing ソフトはあらかじめピクセルサイズが入力されているので、ピクセルサイズを測定し直したらソフトウェアのピクセルサイズも変更して正しい値としなければならない。変更方法は `/home/antarctica/Download/seeingmon/` にある `parameters.h` を編集します。

なお変更後、ソフトをコンパイルして再インストールする必要があるので以下のように端末に入力します。

```
[antarctica@seeingmon]$ su
パスワード (P):tenmon
[root@seeingmon]# make -j all-dv
```

これで新しいピクセルサイズとなる。