

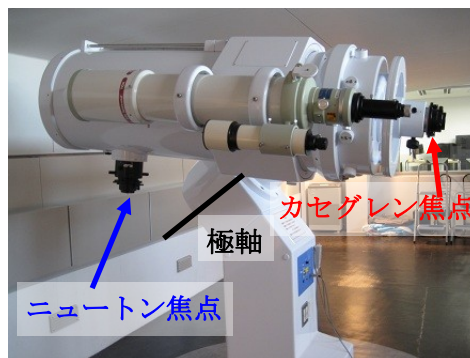
仙台市天文台の望遠鏡および観測装置について

1. 望遠鏡

仙台市天文台には複数の望遠鏡があり、今回の企画で用いるのは2番目に大きい口径を持つ「40cm反射望遠鏡」です。

この望遠鏡はドイツ式赤道儀という架台の形状をしており、2つの回転軸のうち極軸と呼ばれる一軸のみの回転で天体追尾が出来るという利点があります。また、カセグレン焦点とニュートン焦点と呼ばれる2つのカメラの取り付け口(覗き窓)をもちます。カセグレン焦点で天体を見るとより細かい構造が見えるが視野は狭い、ニュートン焦点だと細かくは見えないものの視野が広く淡く広がった天体が見易い、といった特性があります。

望遠鏡の制御はすべてコンピュータ制御となっていて、当日はパソコンの画面から観測天体に望遠鏡を向けることとなります。また天体を望遠鏡の視野内に正確に導入する際は、別に取りつけられたリモコンを用いて望遠鏡を動かすこともできます。



光学系	ニュートン/カセグレン切替式反射光学系
口径	40 cm
焦点距離	1600 mm (ニュートン)
	4800 mm (カセグレン)
型式	ドイツ式赤道儀

2. 観測装置

(1) 撮像観測 (Apogee Alta U9000 + フィルター)

観測装置は、東北大学で用意された「Apogee Alta U9000」と呼ばれるCCDカメラを撮像用に使います。撮像観測においては、特定の波長域(色)の光のみ通過させるようなフィルターをカメラの前に取り付け、フィルター毎に天体の明るさを測るのが一般的です。今回、フィルターはU,B,V,R,Iの5バンドに加え、Luminanceと呼ばれる可視波長(大体、人間の目で見える色領域)の光を効率的になるべく多く通すような特殊フィルターが用意されています。

(2) 分光観測 (SBIG ST-7 + 分光器)

天文の観測では撮像観測だけでなく、天体からの光を波長毎にわけてスペクトルにする分光観測という方法もよく行われています。今回の企画では、可視波長での分光が可能な「分光器」が用意されています。分散素子(光を波長毎に分ける装置)は高分散と低分散の2種類のものがあります。高分散・低分散というのは、やってきた光をどれくらい細かく波長毎に分けるかという問題に対し、より細かく分けるのが高分散、あまり分けないのが低分散です。一見すると高分散の方が望ましく思われるかもしれませんが、光をより細かく分けてしまう分、暗い天体は撮れないというデメリットもあり、対象天体とやりたいサイエンスに応じて低分散が良いか高分散が良いか考えなければなりません。この分光器の後ろに「SBIG ST-7」というCCDカメラを取り付けて天体スペクトルを撮影するわけですが、その場合の分散性能(画像の1ピクセルが波長で何Åに対応するか)は高分散で $1.07 \text{ \AA}/\text{pix}$ 、低分散で $4.3 \text{ \AA}/\text{pix}$ となります。またこの分光器では、撮像・分光の切り替えもできるようになっています。

以上の観測装置は、すべてパソコンから操作します。

CCD (Apogee) スペック

必要情報	
ピクセル数 (画像の画素数)	3056×3056
ピクセルサイズ (1画素の実際の大きさ)	12×12 micron
スケール (空を撮った際に1ピクセルが何秒角に相当するか)	0.52"/pix (カセグレン) 1.55"/pix (ニュートン)
視野 (画像全体で何分角の領域が見れるか)	26'×26' (カセグレン) 79'×79' (ニュートン)
サチレーション・カウント (1画素にこれ以上のカウントの光は入れない、という飽和カウント)	~65000 ADU
(以下は、発展情報)	
最大電子容量	110,000 e
gain	~ 1.7 e/ADU
感度波長帯	3500 Å ~ 9300 Å (>20%)
最大量子効率	64% (5500 Å)
暗電流	1 e/pix/sec (-25℃)
制温精度	±0.1℃

分光器 + CCD (SBIG) スペック

必要情報	
ピクセル数	765×510
ピクセルサイズ	9×9 micron
スケール(空間方向)	0.39"/pix (カセグレン)
スリット長(視野)	3.3' (カセグレン)
分散 (波長方向のスケール)	1.07 Å/pix (高分散) 4.3 Å/pix (低分散)
1フレームでの 撮影可能波長域 (何Åから何Åまでかは CCD感度帯の中で調整 できる。)	750 Å (高分散) 3200 Å (低分散)
サチレーション・カ ウント	~50000 ADU
(以下は、発展情報)	
最大電子容量	100,000 e
gain	2.3 e/ADU
CCD感度帯	3800 ~ 7500 Å
スリット幅	18 micron

※単位

- (長さ)
- ・ micron : ミクロン、 μm 、 $1\mu\text{m} = 10^{-6}\text{m}$
- ・ Å : オングストローム、 $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$
- (角度)
- ・ ' : 分角、 $1' = 1^\circ / 60$
- ・ " : 秒角、 $1'' = 1' / 60 = 1^\circ / 3600$
- (カウント)
- ・ ADU : 「光の量=光子の数」の単位
- ・ e : 「電子の数」の単位

3. 観測可能な天体の明るさ

観測においていくらかでも暗い天体が見える訳ではなく、観測できる天体の明るさには限界があります。街明かり、大気がどれくらい澄んでいるか、何分露出するか(カメラのシャッターを開けるか)、対象天体は星か星雲か、などによって観測可能な明るさは異なります。

ここでは、仙台で快晴の夜に恒星を観測した場合のことを想定します。

(1) 撮像

30秒露出 => 15等程度 10分露出 => 16.5等程度 (シグナル・ノイズ比 : S/N=10)
まで暗い星がとれます。また、10分以上はいくら露出しても、限界等級はあまり変わりません。

(2) 分光

分光は波長方向に光を分けてしまうため、撮像よりずっと明るい天体しか観測できません。低分散分光の場合、20秒露出で6等、30分露出でも10等程度がしっかりと分光できる限界の明るさとなります(S/N=10、点源の連続光を仮定)。

また明るすぎる天体に関してもサチレーションを起こしてしまい観測不可能です。撮像で5等(ベガより100倍暗い)より明るい星は観測不可能になります。

補足. 分光観測について

分光観測は、撮像観測に比べて概念が理解しづらいものです。分光の原理やスペクトルについて理解している人でも、いざ観測をして分光の生画像を見ると何なのか分からない、というものはままあります。ここでは、実際の観測画像がどのようにして皆さんがよく目にするようなスペクトルになるのかをイメージ先行で解説します。

※分光原理やスペクトルについては別冊テキストを参照してください。

詳しくは実際の観測を通じてじっくり理解すれば良いので、なんとなくのイメージが湧けば十分です。

