地学実験 (天文パート)

天体望遠鏡を用いた遠方物体までの距離測定

by S. Nishiura 2008.01.21.

1. 目的:

本実験では、天体望遠鏡の組み立て方と、その基本的な使用方法の修得を主な目的とする。さらに天体望遠鏡を利用して、簡単な観測と仮定の下で、遠方物体までの距離を測定し、この結果を理論値・文献値などと比較することで、本実験による距離測定の精度や妥当性を考察する。

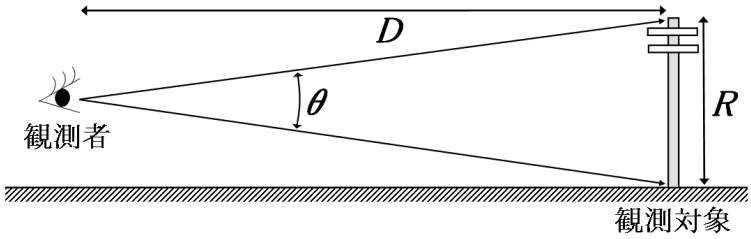
2. 原理:

観測者から、距離 D だけ離れた実サイズ R の観測対象を見込む角度 θ は、

$$\theta = R/D \tag{1}$$

で表される (Figure 1. 参照)。従って、サイズ既知の物体を見込む角度が分れば、その物体までの距離を測定することができる。

Figure 1: 実サイズ既知の物体までの距離測定



しかし、天体望遠鏡を用いて観測対象までの距離を測定する場合、単純な観察をするだけでは、観測対象を見込む角度を導出することはできない。そこで本実験では、観測対象を見込む角度 θ が、観察視野中での見かけの大きさに比例することを利用する。即ち観測者から距離既知の場所においた実サイズ既知の物体を観察・撮影し、その撮影画像中のサイズを測定・比較することで観測対象を見込む角度を導出するのである。

具体的には、実サイズ R_{A} で既知の物体 A を、観測者から距離 D_{A} で既知の場所に置き、天体望遠鏡を通して観測する。この時の物体 A を見込む角度が θ_{A} であるとする。続いて、距離 D_{B} を算出したい観測対象 B を天体望遠鏡を通して観察した時、観測対象 B を見込む角度が θ_{B} であるとする。この時、観測対象 B の実サイズを R_{B} と仮定すると、物体 A と観測対象 B の観察から、

$$\theta_{\mathrm{A}} = R_{\mathrm{A}}/D_{\mathrm{A}} \tag{2}$$

$$\theta_{\mathrm{B}} = R_{\mathrm{B}}/D_{\mathrm{B}} \tag{3}$$

となる。

この時、物体 A と観測対象 B の両者を同じカメラで撮影していた場合、両者を見込む角度 θ_{A} と θ_{B} の比は、撮影画像中のサイズ x_{A} と x_{B} の比に等しい。即ち、

$$\theta_{\mathrm{A}}/\theta_{\mathrm{B}} = x_{\mathrm{A}}/x_{\mathrm{B}} \tag{4}$$

となる。

従って、(2)、(3)、(4) より、観測対象 B までの距離 D_{B} を、

$$D_{\mathrm{B}} = \frac{x_{\mathrm{A}}}{x_{\mathrm{B}}}\frac{R_{\mathrm{B}}}{R_{\mathrm{A}}}D_{\mathrm{A}} \tag{5}$$

と導出することができる。

3. 器具:

- 8cm 屈折望遠鏡 (ビクセン製 A80M または A80Nf)
- 赤道儀 (ビクセン製 GP2、一軸モータードライブ付き)
- アイピース (ビクセン製 PL20.0mm または PL30.0mm)
- デジタルカメラ、定規、巻尺、(ノギス、卓上ライト、カラーテープ)

4. 方法:

以下の手順で観測データを取得する。但し実サイズ既知の物体 A の観測と、距離を測定するための観測対象 B の観測の順序は入れ替わっても良い。

1. 望遠鏡の組み立て、望遠鏡とファインダーの光軸合わせ、望遠鏡の極軸合わせ、については本マニュアルでは省略する。
2. 物体 A を望遠鏡から 20m 程度の位置に置く (あまり近いと物体 A に望遠鏡のピントが合わない)。
3. 望遠鏡を通して物体 A をデジタルカメラで撮影する。
4. 巻尺を用いて、望遠鏡から物体 A までの距離を測定する。
5. 物体 A の実サイズをノギスや定規などで測定する。
6. 観測対象 B を、望遠鏡を通してデジタルカメラで撮影する。但しその際には、観測対象 B には実サイズ R_{B} を容易に仮定できる部分があることとする。
7. 物体 A と観測対象 B を撮影した画像をプリントアウトする。
8. 画像上での物体 A のサイズを測定する (x_{A} に相当)。
9. 画像上での、観測対象 B の “実サイズを容易に仮定できる箇所” のサイズを測定する (x_{B} に相当)。
10. 上記で得た各測定データと、式 (2)、(3)、(4) から観測対象 B までの距離を算出する。

5. レポート課題:

- 観測対象 B までの測定距離および測定誤差を示せ。
- インターネットや地図を利用して、観測地点から観測対象 B までの距離を調べよ。
- 実験で得られた距離と、インターネットや地図から得られた距離を比較し、本実験の精度や妥当性を考察せよ。
- 本マニュアル「4. 方法」で省略された、望遠鏡使用のための準備や使い方、使用上留意すべき点 (特に児童に対して配慮すべき点など) を簡潔にまとめてレポートにて「付録」として報告せよ。