

# アストロラーベの構造

大橋由紀夫

「アストロラーベ」というのは日本語の慣用表記である。これは、ひょっとしたら、英語などの *astrolabe* のローマ字読みかもしれないが、

『文部省・学術用語集・天文学編』（日本学術振興会，1974）にも記載されているので、日本語として定着していると見てよいであろう。なお、これをアラビア語では「アストゥルラーブ」(*asturlāb*)と言う。

（近頃、日本語で「アストロラーブ」と言う向きも見られるが、この中途半端な表記がアラビア語の発音だと誤解されては困るので、私はあえて日本語では「アストロラーベ」と言っている。）

さて、アストロラーベは、第1図のような天体観測器具で、裏側のアリダードによって天体の高度を測定してから、表側に固定したディスクの上でスパイダーを回転させて、様々な天文計算を行なうものである。ディスクやスパイダーは、第2図のような、南極（南半球用ならば北極）から赤道面（赤道に平行な面でもよい）に天球を投影して作図されたものである。このような投影法をステレオ投影 (stereographic projection) と言う。アストロラーベについては、ギリシャ文化圏で紀元後4世紀頃(?)から記述されているようであるが、その後、イスラーム世界で大いに発展し、西には中世ヨーロッパへ、東にはインドや中国にも伝わった。

第2図において、天球上の点  $M$

は、北極距離が  $\theta$  である ( $M$  の赤緯を  $\alpha$  とすれば、 $\theta = 90^\circ - \alpha$ ) が、その  $M$  が平面  $\Sigma$  の  $M'$  に投影されるとすると、

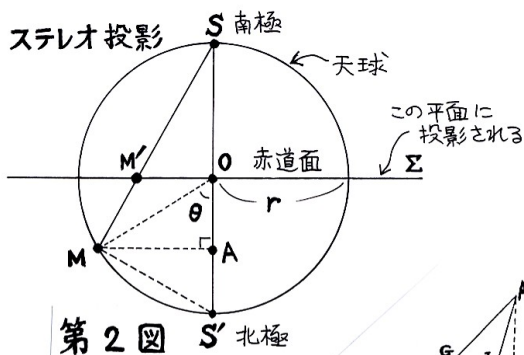
$$OM' = \frac{r(1 - \cos \theta)}{\sin \theta} \quad \text{---(1)}$$

が成り立つ。（この式は、 $OM' : OS = AS' : AM$  であることによって求められる。）

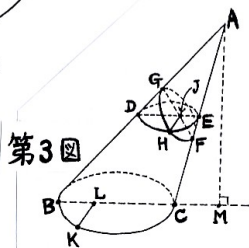
ステレオ投影で重要なことは、天球上の円は、すべて平面  $\Sigma$  に円として投影される（ただし天球上で  $S$  を通る円は平面  $\Sigma$  では直線になる）ということである。したがって、天球上の円の、北極距離が最大の点と最小の点が平面  $\Sigma$  のどこに投影されるかを第(1)式によって求めれば、その投影された2つの点を直径とする円が、求める円である。この方法で、アストロラーベに必要なほとんどの作図を行なうことができる。

ここで、第3図と第4図を使って、ステレオ投影では天球上の円は、すべて平面  $\Sigma$  に円として投影されることについて、簡単に説明しておきたい。第3図は、円  $BKC$  の上の斜円錐を表わす。底面に平行な断面  $DHE$  も円である。ここで、 $\angle AGF = \angle ACB$  であるような断面  $GHE$  も円であることが証明できる。

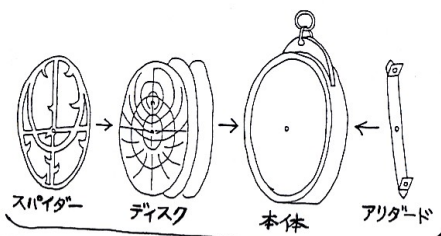
（ $DHE$  の上の任意の点  $H$  について  $DJ \times JE = JH^2$  であることは  $DHE$  が円であることの必要十分条件であることがユークリッド幾何学（『原論』VI.8 を使う）によって示せる



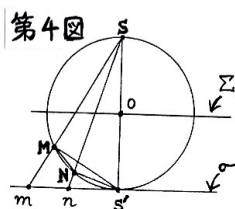
第2図 S' 北極



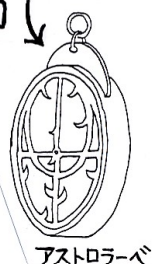
第3図



第1図



第4図



が、 $\triangle DJG$  と  $\triangle FJE$  は相似であることから、 $GJ \times JF = HJ^2$ であることを示せるので、断面  $GHF$  も円であることになる。) さて、第4図のようなステレオ投影において、平面  $\Sigma$  を平面  $\sigma$  に平行移動しても差し支えないので、天球上の円  $MN$  が平面  $\sigma$  で  $mn$  に投影されるとすると、 $\triangle SMN$  と  $\triangle Snm$  が相似であって (それを示すには、 $\triangle SMS'$  の  $\triangle SS'm$  および  $\triangle SNS'$  の  $\triangle SS'n$  を使う)、 $\angle SMN = \angle Snm$ であることを示すことができるので、 $MN$  が円であれば  $mn$  も円であることになるわけである。

さて、アストロラーベの原理は第5図のようになっていて、本体に固定されたディスクは地平座標系を表わし、最も外側が南回帰線で、内側に赤道と北回帰線が同心円として描かれる。中心は天の北極に対応する。そして、地平線や高度圏が描かれているが、これらの位置は観測地の緯度によって変わってくるので、いろい

ろな土地で使う場合は第1図のように複数のディスクを用意する必要がある。一方、スパイダーは、天球座標を表し、太陽の年周運動を示す黄道環と、恒星の位置を示すいくつかの突起からなる。スパイダーは天の北極を中心として回転できるようになっており、これが天球の日周運動に対応する。スパイダーの黄道上の特定の日時における太陽の位置や、恒星を示す突起を、その時に天体が位置する地平線や高度圏に一致させることによって、その時の天球の状態を再現でき、そして、スパイダーの回転量によって、天球が回転する時間 (例えば、太陽が地平線に一致する日の出の時から、観測時の太陽高度になるまでの経過時間) を求めることができるのである。そのほかにも、いろいろな利用法が可能である。

アストロラーベの制作法や使用法について、詳細を説明する紙面はないが、最近の書籍として、James E.

Morrison: *The Astrolabe*, Janus, Rehoboth Beach DE USA, 2007 には、非常に詳細に解説されている。私自身のもので、サンスクリット語の原典の訳注を中心とした、Yukio Ôhashi: “Early History of the Astrolabe in India”, *Indian Journal of History of Science*, 32 (3), 1997, 199 – 295 にも制作法や使用法の詳細が書いてある。歴史上のアストロラーベの実例については、David A. King: *In Synchrony with*

*the Heavens, Volume Two, Instruments of Mass Calculation*, Brill, Leiden, 2005 が非常に詳細である。日本語では、全般的には、宮島一彦「アストロラーベについて」『科学史研究』II,14(no.113)(1975), 16-21 など、アラビア語原典については、三村太郎「クーシュヤールの『アストロラーベ書』写本の校訂研究」『哲学・科学史論叢』3(2001), 119-151 がある。

アストロラーベのしくみ (第5図)

