A. 授　業　研　究

飯島　幸久　　北田　明子　　鈴木　克彦
鈴木　一悠　　都築　　亨

1．天文の授業を面白くする一つの試み

鈴　木　一　悠

1　はじめに

本当にそうなるかどうか分かりませんが，天文の授業を面白くすると思われる試みを一つ書いてみます。まだ構想の段階であり，実行に移すには解決しなくてはならない問題が沢山あります。また実行する場合でも，授業よりもクラブで行う方がよいのかも知れません。

2　手作りのプラネタリウム

試みというのは，プラネタリウムを教室に作ってみようというものです。ただしこのプラネタリウムは，従来の，天体を投影機を使って円形ドームに写し出そうというものではなく，パソコンを使ってTV画面に写し出そうというものです。“手作り”と書いた所以は，写し出すべき天体を好きに選べるからです。以上に述べたことを図示して示しますと

写し出したい天体　　　パソコン　　　TV画面

となります。

写し出すべき天体・天文現象としては，今のところ

天の赤道，黄道，地平線，垂直圏のような座標系
星の日周運動
惑星の運動
一万年後の星座，10万年後の星座

を考えています。

写し方の具体的な手順は次のようになります。写し出そうとする天体の天球上での位置，観測点（授業で行う場合には学校の所在地ということになろうか）の地球上での位置，天体を見ようとする時刻－－－これだけの量から天体がどの方角，どの高さに見えるかを計算することができます。次いで方角，高さを地図を作る要領でＴＶ画面上に投影します。以上を，天体の天球上での位置が赤道座標で表されている場合について図示すれば

天体の赤経・赤緯 $\xrightarrow{\text{変換B}}$ 地平座標（方位角・高度角） $\xrightarrow{\text{投影C}}$ 投影点

となります。

天体の天球上での位置が黄道座標であたえられている場合には，変換Ｂに先立って，黄経・黄緯を赤経・赤緯に直す変換Ａを行うことになります。二度も変換して投影するというごてごてした仕方でなく，もっとすっきりした方法があるかも知れません。

変換Ａは行列の形で表せば

$$\begin{pmatrix} \cos\alpha\cos\delta \\ \sin\alpha\cos\delta \\ \sin\delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\varepsilon & -\sin\varepsilon \\ 0 & \sin\varepsilon & \cos\varepsilon \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\lambda\cos\beta \\ \sin\lambda\cos\beta \\ \sin\beta \end{pmatrix}$$

で，右辺の最初の行列がＡの内容を表しています。α，δは順に星の赤経，赤緯であり，εは赤道面と黄道面とのなす角であり，λ，βは順に星の黄経，黄緯を表しています。

変換Ｂは，やはり行列の形で表すと

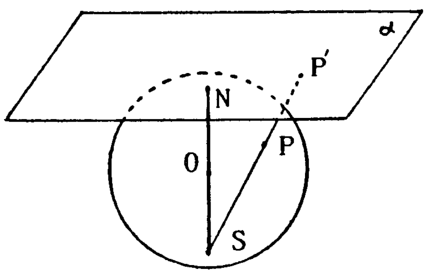
$$
\begin{pmatrix} \cos A \cos h \\ -\sin A \cos h \\ \sin h \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sin\phi & 0 & -\cos\phi \\ 0 & 1 & 0 \\ \cos\phi & o & \sin\phi \end{pmatrix}
$$

$$
\times \begin{pmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\alpha\cos\delta \\ \sin\alpha\cos\delta \\ \sin\delta \end{pmatrix}
$$

で，右辺の最初の２つの行列を掛けたものが変換Ｂの内容を表しています。Ａ，ｈは順に星の方位角，高度角であり，ϕは観測点の緯度を表しています。θは恒星時と呼ばれている量で

$\theta = \theta_{o} + \lambda + t \times 1.00273791$

と表すことができます。θ_{o}は世界時０時におけるグリニジ視恒星時で，理科年表を見れば毎日の値が載っています。λは観測点の経度（東経の場合をプラスに数えます），ｔは世界時で表した観測時刻（世界時０時からの経過時間）です。1.00273791というややこしい数字は，星の（厳密には春分点の）日周運道が23時間56分４秒ほどで，一日の長さ24時間の1.00273791分の１になっていることから現れたものです。θ_{o}，ｔはそれぞれ星を見る視座である地球の公転，自転に対応します。すなわち観測月日が決まればθ_{o}が決まり，観測時刻が決まれば言うまでもなくｔが決まるというわけです。投影Ｃの内容は，どういう投影法を採用するかで無論異なるわけですが，今のところステレオ投影法というのを用いようと考えています。この方法では次のように投影します。

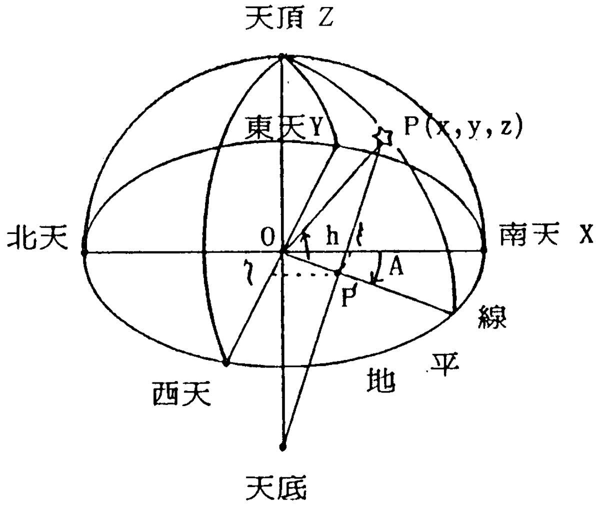


図で，Ｐは投影すべき点で，球面上にあります。この球の頂点，その対蹠点をそれぞれＮ，Ｓとします。点Ｎで球面に接する平面を面αと呼ぶことにしますと，点Ｓが投影の原点，面αが投影面ということになります。したがって図で直線ＳＰと面αとの交点Ｐ′が点Ｐの投影点となります。これが一般にステレオ投影とよばれる投影法ですが，この試みでは面αを球の中心Ｏを通る位置に移しました。このようにしてもこの投影法の持っている性質は変わりません。上記の球面Ｏ，平面α，直線ＮＳなどと実際の星空との対応はこの試みでは次のようになります。球面Ｏが言うまでもなく天球に，平面αが地平面に，したがって点Ｎが天頂に，点Ｏが観測者のいる地点に，点Ｓが天底に対応します。この投影法は次の性質を持っています。

球面Ｏの上にある円は，平面αの上でも円になって投影される

球面Ｏの上で２つの大円のなす角は，平面αの上で対応する２つの円弧のなす角に等しい

結局ステレオ投影法を用いる場合の投影Ｃの内容は次のようになります。



ＸＹＺは地平座標系における直交座標軸です。天体の位置をＰ（ｘ，ｙ，ｚ），その投影点をＰ′（ξ，η，ｏ）としますと

$$
\xi = \frac{x}{1+z} , \quad \eta = \frac{y}{1+z}
$$

天球の半径を１としてあります。先に記したように

$x = \cos A \cos h$，$y = -\sin A \cos h$

$z = \sin h$

ですから，これでＡ，ｈとξ，ηとの関係が定まります。

以上で投影法の説明を終わりますが，２，３付け加えます。

日周運動の投影で，太陽の日周運動を投影しようとする時は，太陽の赤経，赤緯が時間の経過と共に変わってゆく（年周運動）ことを考慮する必要があります。

惑星の運動たとえば地球から見た火星の運動の仕方の投影は次の手順で行うことになります。まず火星についての軌道要素から，太陽から見た（地心を原点とする黄道座標系を，原点が太陽の重心になるように平行移動した座標系に対する）火星の運動（時刻対直交座標値）を求めます。同様に地球についても，太陽から見た運動を求めます。次いで前者から後者の引き算をしますと，火星を地球から見た運動が求められます。これを投影するわけです。

また一万年後の星空，10万年後の星空の投影では個

々の星の固有運動のデータが必要になります。将来の星空を写し出すだけでなく，昔のエジプト人がどんな星空を仰いでいたのか（現在とほとんど変わらないのかも知れませんが）を写し出すこともできます。

間題点として，ステレオ投影法が果たして実際の星空の見え方とよく一致するか，ＴＶ画面が教室で生徒が一同になって見るのに相応しいかなどが残ります。

3　白昼に星を見る

これは望遠鏡を使って昼間に星を見てみようというもので，手作りのプラネタリウムと同主旨のものです。図で示すと

見たい天体 — パソコン — 望遠鏡

となります。手作りのプラネタリウムでは，パソコンの教えてくれる地平座標Ａ，ｈで示される点を投影したわけですが，今度は，Ａ，ｈの方向に望遠鏡の筒を向けて星をつかまえようとするものです。この場合には，天体が見えるはずの方向へ筒を向けようというのですから，先の手作りのプラネタリウムの場合に較べて様々の注意が必要になります。思いつくままに並べてみますと

（１）星の正確な位置（赤経，赤緯）を知ること
（２）観測点の正確な位置（天文経緯度）を知ること
（３）観測点における正確な方位を知ること
（４）角度の正確な測定（パソコンの指示するＡ，ｈの方向へ正確に筒を向けること）のできること

（１）については文献によれば，星表に出ている位置（星表位置）から観測位置を算出するために多くの補正をすべきことが見い出されます（１）。しかし補正値が最大になるものは，地球の歳差運動によるものであり，今のところこの補正だけを考えています。この補正の意味は次のようなものです。例えば1950年における春分点の位置に基いて作られた星表から，ある星の位置を読み取ったとします。今年は1986年ですから，星表の時刻の原点からは36年経過していることになります。この間に春分点が動いていますから，この星の座標値（赤経，赤緯）も変わっているというわけです。

（２）については，今のところ国土地理院製作の2.5万分の１地形図から読み取った観測点の位置で代用しようと考えています。

（３）については，太陽を用いて解決しようと考えています。すなわち，ある時刻の太陽の方位角，高度角を算出します。これと，実際に見える方向とを突き合わせて真南方向を知ろうというものです。まだ詳しく検討してありませんが，太陽を用いれば，真南方向だけでなく，（２）の観測点の天文経緯度も知ることができるものと思われます。

（４）については，筒の動いた角度を正確にしかも速やかに示すべきメカニズムが必要になりますが，まだ見い出していません。

4　おわりに

以上の試みは実は新しいものでも何でもなく，天体をＴＶ画面に写し出す試みでは既に様々の実践例が報告されていますし（２），白昼に星を見る試みについても既に授業の中で行われています（３）。細部を検討して，自分でもやってみようとしているのに過ぎません。ただ自分自身の勉強になることは間違いありませんし，うまく実現できるようになれば，天文の授業を恐らくは少しは面白くできるものと思います。

参考文献

（１）天体の位置計算　長沢工著　地人書館
（２）例えば科学朝日　1986年６月〜12月号
中野主一著：連載パソコン実用講座
朝日新聞社
（３）自然をしらべる地学シリーズ１「星と天気」
宇留野勝敏著：昼間の星のみつけかた　東海大学出版会