

天文関連の図版作成のための Illustrator の活用

江越 航*

概要

Illustrator は、アドビシステムズ社が販売する描画ソフトである。イラストを作成するための多種多様な機能が備えられており、多くのグラフィックスデザインの制作現場で標準ソフトとして使用されている。イラストを作成する際の自由度が高く、美しいデザインのグラフィックスを作成することができる。そのため、星図の作成や地球儀の描画など天文関連の図版に活用できれば、表現の幅が広がり非常に有用である。しかし星図を作成するためには、多くの星を自動的に描画する等の処理が必要になる。そこで本稿では、天文関連の図版作成のために Illustrator を活用するための方法について述べる。

1. はじめに

Illustrator は、イラストを描く際の描画ソフトとして多くのグラフィックスデザインの制作現場で標準ソフトとして使用されている。正確な寸法で線や図形を組み合わせ、色を塗って、ベクター形式のイラストを作成することができる。種々の機能が備えられており、イラストを作成する際の自由度が高く、美しいデザインのグラフィックスを作成することができる。

そのため、星図の作成や地球儀の描画など天文関連の図版に活用できれば、表現の幅が広がり非常に有用である。しかし星図を描く場合、星の位置は条件により変化するため、任意の時刻・場所の星図を描くためには、多数の星の座標の計算を行い、自動的に描画する等の処理が必要になる。また、地球儀を描くには、地球は3次元的な球体であるため、2次元の平面に投影する変換が必要になる。

そこで本稿では、天文関連の図版作成の中でも頻度が高い、星図の作成、および地球儀のような球体を描くために、Illustrator を活用する方法について述べる。

2. 星図の描画

2-1. 星図の描画

任意の時刻・場所の星図を描くためには、時刻から星の位置を計算し、計算結果をもとに、多数の点をプ

ロットする必要がある。Illustrator ではこの作業を、JavaScript を使用して自動化することが可能である。自動化作業については、ホームページ上の記事「Illustrator で星図と星座を描くスクリプト[1]」を参照して作成した。以下、今回作成した星図の描画の手順を述べる。

2-2. スタイルの設定

自動実行するにあたっては、星の図形や色等を、スタイルとしてあらかじめ設定したイラストレーターのドキュメントを準備しておく。

・ シンボル

星図中の星は、シンボルとしてプロットする。そのため、星の等級ごとに対応するシンボルを用意して、名称をつけて「シンボルライブラリに」登録しておく。JavaScript からシンボルを呼び出す際は、ここで登録した名称を利用する。

なお登録した、シンボルライブラリは、
C:\Program Files (x86)\Adobe\Adobe Illustrator CS2\プリセット\シンボル\星.ai
に保存して、呼び出せるようにしておく。

・ スウォッチ

星、星座線、星座境界線、星名、星座名、グリッド、各々に使用する「塗り」および「線」の色についても、それぞれ名称をつけて、「スウォッチライブラリ」に登録しておく。

登録したスウォッチライブラリは
C:\Program Files (x86)\Adobe\Adobe Illustrator CS2\プリセット\sウォッチ\star_map.ai

*大阪市立科学館学芸課
e-mail:egoshi@sci-museum.jp

に保存しておく。

・段落スタイル

星名、星座名に使用する文字のスタイルを、「段落スタイル」に登録しておく。段落スタイルは、メニューから[ウィンドウ]-[書式]-[段落スタイル]と選択すると、設定することができる。

2-3. 星図を描くために必要なデータ

星図を描くために、次のような項目の座標データファイルを用意する。

| 星の位置と名前 | | |
|---------|-----|--------|
| 星座名 | 星座線 | 星座境界線 |
| 赤道 | 黄道 | 天の川境界線 |

星のデータに関しては、座標のほか、名前、等級も合わせたデータを用意する。座標は、赤経・赤緯のデータを用意しておき、JavaScriptで計算して方位角・高度に変換する。

なお、線分のデータに関しては、始点・終点の組み合わせで用意する。Illustratorでは、線分の要素をパスと呼ぶ。天の川境界線、赤道、黄道についても、細かいパスの集まりとして表現する。黄道も1度ごとの短いパスに分けて、各パスの始点と終点は、赤経・赤緯に変換したデータを用意している。

上記の項目のうち、星の位置と名前前のデータ例を以下に示す。

| ID | 赤経 | 赤緯 | 視等級 | 星の名前 |
|-------|-------|-------|------|---------|
| 11767 | 37.75 | 89.25 | 1.97 | Polaris |

2-4. JavaScriptの実行

IllustratorからJavaScriptを利用するには、メニューから[ファイル]-[スクリプト]-[その他のスクリプト]を開いて、スクリプトファイルを読み込むことで実行される。

次のようなJavaScriptのコードを実行することで、前項のようなデータ列が記載されたファイルを読み出すことができる。

```
var file = new File(path);
var line = file.readLine();
var item = line.split("¥t");
var ra = item[1]; //赤経
var dec = item[2]; //赤緯
```

1行目でファイルを開き、2・3行目でファイルから1行ずつデータを読み込んでいる。4・5行目で、読み込んだデータから変数 ra、dec に、赤経・赤緯の値を代入している。

2-5. 星の描画

星をプロットするためのJavaScriptのコードは、

```
var stars_layer = doc.layers.add();
var star =
  stars_layer.symbolItems.add(star_symbol);
star.x = x;
star.y = y;
```

となる。1行目で、Illustratorのドキュメントにレイヤーを追加しており、このレイヤーに星のシンボルをプロットする。2行目で、実際に星のシンボルをプロットしている。この際、プロットするシンボルは、星の等級に応じたものを選んでいく。3・4行目は、そのシンボルの位置 x、y を指定している。この値は、先の赤経・赤緯を、3章に示す方法で方位角・高度に変換したものである。

一方、パスを描画ためのスクリプトは以下のようなものになる。

```
var item = layer.pathItems.add();
item.setEntirePath( Array ( Array(x1,
  y1), Array(x2, y2) ) );
```

1行目でレイヤーにパスを追加し、2行目で始点と終点を指定している。なお、パスの色や太さなどの属性も、別途指定する必要がある。

この手法で描かれたパスのうち、天の川境界や赤道・黄道は、特に細かいパスの集まりにある。これを1つのパスに連結した方が、後の作業に都合がいい。新しいバージョンのIllustratorでは、すべてのパスを選択して、メニューから[オブジェクト]-[パス]-[連結]とすれば、1つのパスにすることが可能であるが、古いバージョンだと、1度に2つのパスしか連結することができない。

そこで、連結したいパスを描く際は、次のようなスクリプトを実行する。

```
var item =
  app.activeDocument.pathItems[0];
var newPoint = item.pathPoints.add();
newPoint.anchor = Array(x2, y2);
```

1行目で、既に描いたパスを選択し、2行目で、このパスにアンカーポイントを追加している。追加したアンカーポイントの座標を3行目で指定している。

2-6. その他のドキュメントの描画

星図の背景となるデザインや方位、タイトル文字など、変化しない部分はIllustratorのドキュメント内にあらかじめ用意しておく。

また、天の川内部の塗りつぶしや星座名の位置修

正などの細かい調整は、プロットした後に手作業での修正が必要となる

こうして、実際に Illustrator で描いた星図が図 1 である。

7月の星空（大阪）
2019年7月中旬 21時頃



図 1 Illustrator で描いた星空

3. 星図の描画のための計算

3-1. 恒星時の計算

前項で述べた描画を行うためには、各要素の赤経・赤緯から計算して、描画に必要な座標を求める必要がある。任意の時刻・場所の星図を描くには、時刻から恒星時 θ を求め、これをもとに赤経・赤緯を方位角・高度に変換する。

恒星時 θ の計算は、観測地の緯度を λ 、J2000.0 からの経過ユリウス年を T 、日本時におけるその日 0 時からの経過時間を d とすると

$$\theta = 325.4606 + 360.007700536T + 0.00000003879T^2 + 360 \times d + \lambda$$

で計算できる。[2]

恒星時 θ が求めれば、赤経 α の点の時角 t は

$$t = \theta - \alpha$$

で、計算できる。

3-2. 時角・赤緯を方位角・高度に変換

時角、赤緯から方位角 A 、高度 h を計算するには

$$\begin{aligned} \sin A \cos h &= -\cos \delta \sin t \\ \cos A \cos h &= \sin \delta \cos \varphi - \cos \delta \sin \varphi \cos t \\ \sin h &= \sin \delta \sin \varphi + \cos \delta \cos \varphi \cos t \end{aligned}$$

の関係を用いる。[2] 上記の第 3 式から、

$$h = \sin^{-1} h$$

として高度 h が求まる。また第 1・2 式から、

$$\begin{aligned} \tan A &= \sin A \cos h / \cos A \cos h \\ A &= \tan^{-1} A \end{aligned}$$

と計算すれば、方位角 A が求まることになる。

ただしアークタンジェントの計算において、JavaScript の `Math.atan()` メソッドは、与えられた引数 A の値に対して、 $-\pi/2 \sim \pi/2$ のラジアンの数値を返す。そこで、 $\sin A$ 、 $\cos A$ の正負を計算し、以下のように方位角 A の象限を判定し、方位角を決定する。[3]

- $\sin A > 0$ $\cos A > 0$ のとき $A' = A$
- $\sin A > 0$ $\cos A < 0$ のとき $A' = A + 180^\circ$
- $\sin A < 0$ $\cos A < 0$ のとき $A' = A + 180^\circ$
- $\sin A < 0$ $\cos A > 0$ のとき $A' = A + 360^\circ$

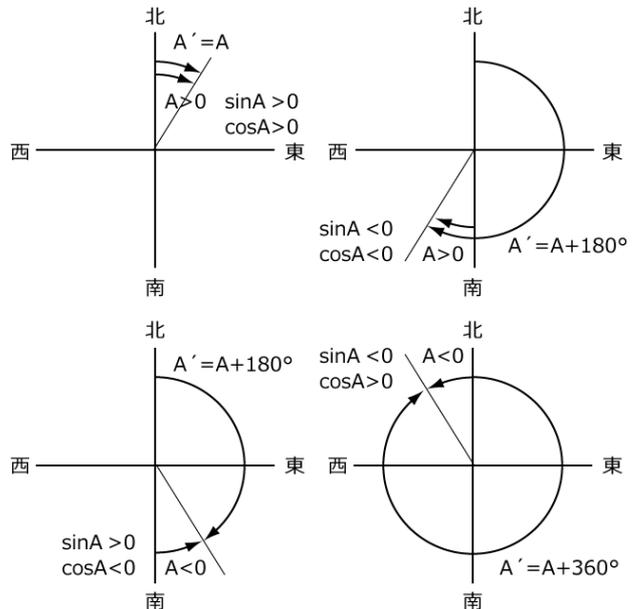


図 2 象限の判定

3-3. 半球表示

星図を表示する場合、全天を一度に表示するより、半球ずつ表示した方が、実際の星空を観察する際に分かりやすい。図 1 のような全天の場合は、天頂を中心とした極座標を定義してプロットすればよいが、半球の場合には、以下のような座標系を考えてプロットする。

方位角 A 、高度 h が既知の場合の、半径 r の球を考える。東西方向の位置 x と、南北方向の位置 y は

$$\begin{aligned} x &= r \cos h \sin A \\ y &= r \cos h \cos A \end{aligned}$$

で求められる。ここで、 r ベクトルと南北軸のなす角を Q とおくと

$$\cos Q = y/r = \cos h \cos A$$

の関係から、角度 Q を求めることができる。

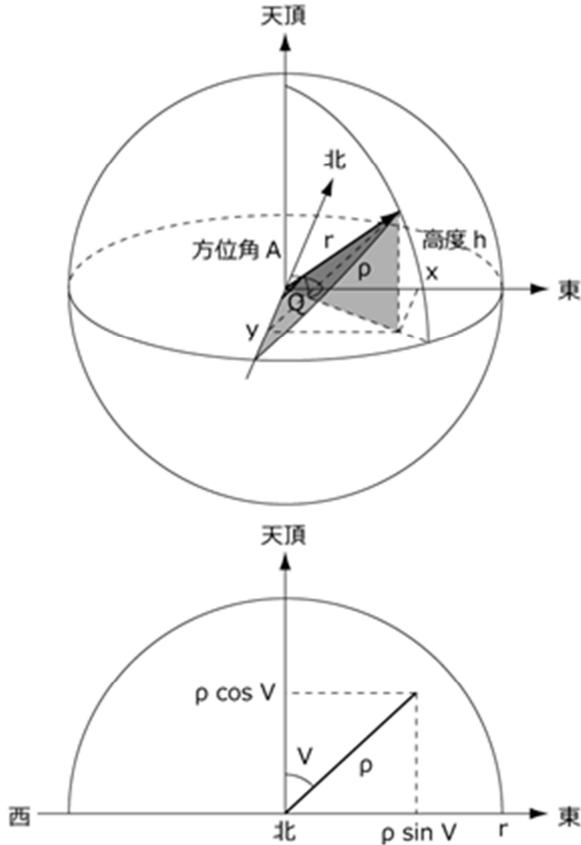


図3 半球プロット

一方 r ベクトルを、東西軸と垂直軸でできる面に射影し、この直線と天頂方向がなす角度を V とおけば

$$\sin V = x/r \sin Q = \cos h \sin A / \sin Q$$

から角度 V を求めることができる。

ここで、半球を単純に射影して星をプロットすると、図 4 のように正面から離れるにつれて間隔が狭くなり、端の部分では星の並びが分かりにくくなってしまふ。

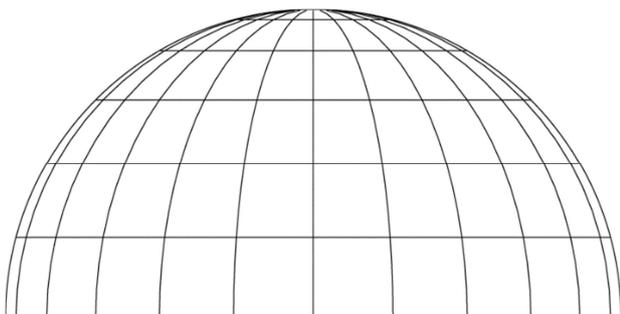


図4 単純な半球プロット

そこで、 r ベクトルと南北軸を通る大円を考えたときの、弧の長さ ρ を

$$\rho = rQ$$

で求める。この ρ を基準に、画面上の xy を

$$x = \rho \sin V$$

$$y = \rho \cos V$$

としてプロットすれば、図 5 のように方位角が等間隔になるようプロットできる。[3]

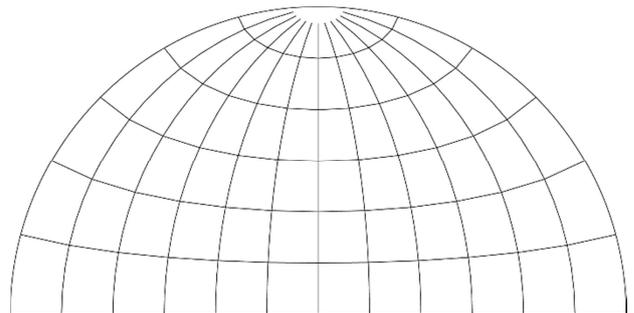


図5 等間隔半球プロット

この座標系を用いて星をプロットすれば、図 6 のように正面に対して左右 90 度の方角でも、星が詰まることなく、プロットできる。

7月の星空 (大阪)
2019年7月中旬 21時頃

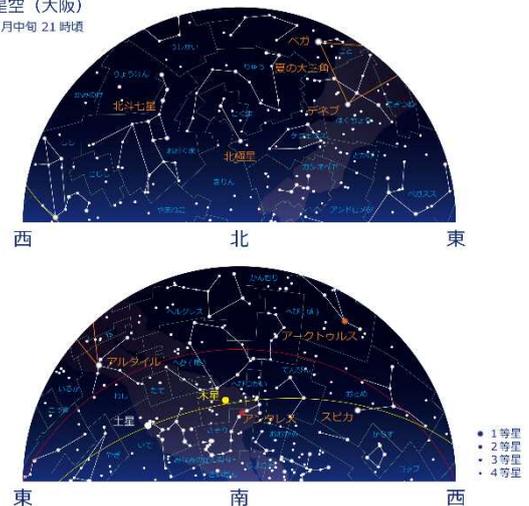


図6 半球に描いた星空

4. 地球儀の描画

4-1. 3D回転体

天文関係の作図では、地球儀のような 3 次元的な球体を、任意の方向から見た図を簡単に描けると便利である。Illustrator では、3D 回転体オプションを使用することで、地球儀のような図の描画が可能になる。以下では、その手順を述べる。

4-2. 世界地図

地球儀を描画するためには、球面の表面に張り付ける地図が必要になる。3D 回転体オプションで描画する際には、緯線・経線が直角で等間隔に交差する、正距円筒図法で描かれた地図を用意する。また、任意の大きさで画像の品質を保つためには、地図もベクター形式で描かれている必要がある。

ベクター形式の世界地図については、web 上にも無料で利用できるものもある。[4] 用意した地図を、3D 回転体で使用できるよう、シンボルとして、シンボルパレットに登録しておく。

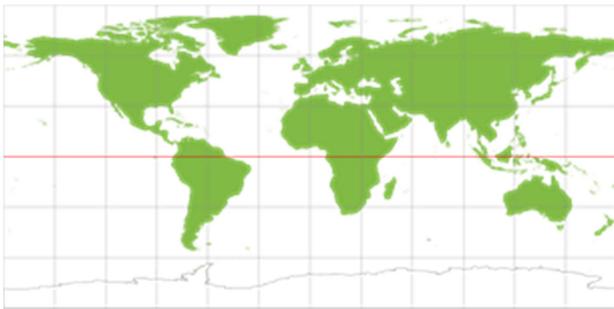


図7 正距円筒図法で描かれた世界地図

4-3. 地球儀の描画

3次元的な球体を作成するには、まず半円形のオブジェクトを作成し、[効果]のメニューから[3D]-[回転体]と選択して、3D 回転体オプションのダイアログボックスを利用して設定する。これで球体を作成される。

さらにマッピングのオプションから、回転体の表面に前項で用意した世界地図を貼り付けると、地球儀を作成することができる。

回転角度は、3D 回転体オプションの設定で任意に変更することが可能である。一度設定した後でも、アピアランスから、3D 回転体オプションのダイアログボックスを開くことができる

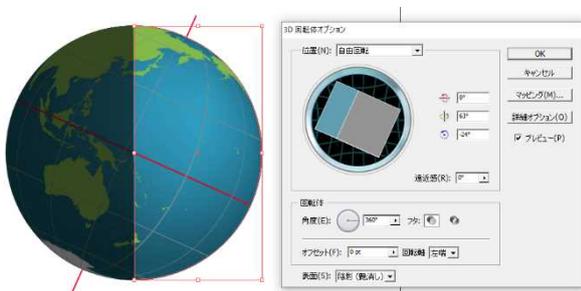


図8 地球儀の描画

この Illustrator で作成した 3D 回転体の地球儀を用いて、任意の方向から見た地球の姿を描画することが可能である。

図9は、今回の展示改装で作成した「月の満ち欠け」の展示である。中央パネル部分には赤道方向から見

た日本付近の地球を、地面には北極方向から見た地球の絵を描いている。



図9 地球儀の描画を利用した展示

また、半円の回転体の代わりに、長方形の回転体を作成すると、円筒形の立体になる。この立体の側面に図を貼り付けることで、図10のように黄道面の星座を描画することも可能である。

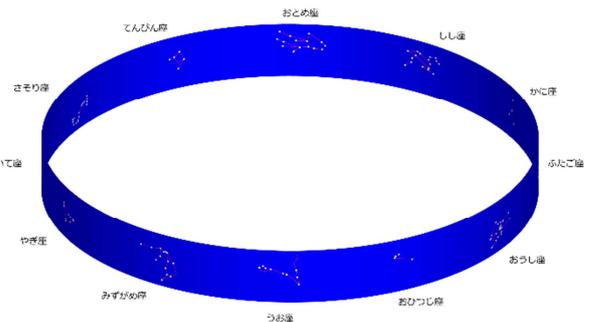


図10 黄道12星座の描画

4-4. Photoshop による GIF アニメーションの製作

前項の要領で描いた地球儀を、回転角を変えていくつも作成すれば、アニメーション化することも可能になる。今回は、同じアドビシステムズ社が販売している Photoshop を使用して、GIF アニメーションを作成した。Photoshop は主に写真の編集のためのソフトであるが、簡単な動画の編集も行うことができる。

Photoshop の画面において、まず、作成した画像を順番にすべて、別々のレイヤーに取り込んでおく。

次に、[ウィンドウ]-[タイムライン]と選択すると、動画制作のためのタイムラインウィンドウが現れる。このウィンドウ上で、「フレームアニメーションを作成」を選択し、さらにタイムラインのメニューから[レイヤーからフレームを作成]を選択すると、レイヤーにある画像がすべてタイムライン上に並ぶ。

後は、タイムライン上に並んだ各フレームの再生時間を設定する。個別に選択して設定するほか、一括で同じ秒数に設定することも可能である。また、ループオ

プションを設定して、1 回だけ再生するか、繰り返し再生するかも選択できる。

最後に、[ファイル]-[Web 用に保存]として、GIF 形式で保存すれば、地球儀が回転する GIF アニメーションを作ることができる。

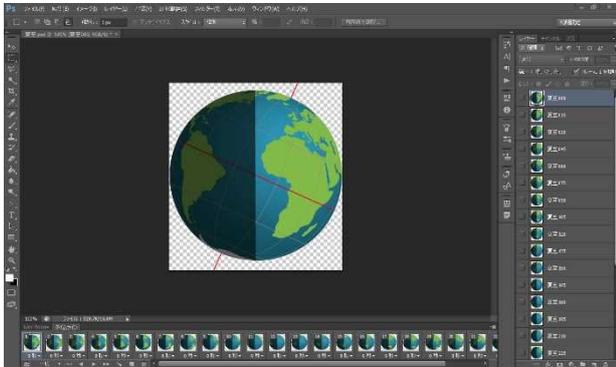


図 11 Photoshop による GIF アニメーションの製作

地球の自転に伴う時間変化を考える際など、静止画よりも動画にした方がイメージしやすい場合もある。そうした用途には、Photoshop の GIF アニメーション作成機能は有用である。

5. おわりに

以上のように、主に Illustrator を用いて、デザインの良い星図や地球儀を描く手法を検討した。Illustrator はグラフィックスデザインの標準ソフトであり、使い勝手がよく、スクリプトで自動的に作成した図をもとに、さらに高品質のイラストに仕上げることができる。

天文普及の現場では、各種の星図が必要となる機会が多いため、自分で自由にカスタマイズできる図を作ることができることは、非常に有用である。種々の普及活動において、これらの天文関連の図版を利用していきたいと考えている。

参考文献

- [1]Illustrator で星図と星座を描くスクリプト,
<http://hokori.net/archives/170>
- [2]長沢工,「日の出・日の入りの計算」, 地人書館,
p11、p76(1999)
- [3]中野主一,「マイコン宇宙講座」, 廣済堂, p26、
p217(1980)
- [4] Editable Digital Maps, <https://digital-vector-maps.com/>