3.2. 赤道座標から銀河座標への変換

銀河中心の赤経、赤緯は $(266^\circ\!.40500, -28^\circ\!.93617)$ である。2 節で定義した z 軸の周りの $\phi = 266^\circ\!.40500$,y 軸の周りの $\theta = 28^\circ\!.93617$ の回転で、新たな x 軸が銀河中心を指すことがわかるだろう。しかし、それだけでは銀河面の傾きが決まっていない。さらに「新たな x 軸のまわり」で $\psi = 58^\circ\!.59866$ 回転してやれば、正しく銀河座標系が定義されることがわかっている。銀河座標系の基底ベクトルをダッシュつきで表わすと、(42) を参考にして、

$$(\mathbf{e}'_\mathbf{x}, \mathbf{e}'_\mathbf{y}, \mathbf{e}'_\mathbf{z}) = (\mathbf{e}_\mathbf{x}, \mathbf{e}_\mathbf{y}, \mathbf{e}_\mathbf{z}) \begin{pmatrix} \cos\phi & -\sin\phi & 0 \\ \sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & -\sin\psi \\ 0 & \sin\psi & \cos\psi \end{pmatrix}. \quad (47)$$

逆変換は以下のようになる。

$$(\mathbf{e}_\mathbf{x}, \mathbf{e}_\mathbf{y}, \mathbf{e}_\mathbf{z}) = (\mathbf{e}'_\mathbf{x}, \mathbf{e}'_\mathbf{y}, \mathbf{e}'_\mathbf{z}) \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\psi & \sin\psi \\ 0 & -\sin\psi & \cos\psi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos\phi & \sin\phi & 0 \\ -\sin\phi & \cos\phi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (48)$$

$$= (\mathbf{e}'_\mathbf{x}, \mathbf{e}'_\mathbf{y}, \mathbf{e}'_\mathbf{z}) \begin{pmatrix} -0.0548755 & -0.873437 & -0.483835 \\ 0.49411 & -0.44483 & 0.746982 \\ -0.867666 & -0.198076 & 0.455984 \end{pmatrix}. \quad (49)$$

よって、赤道座標での方向ベクトルの 3 成分を (x, y, z), 銀河座標での成分を (x', y', z') としたとき、(32) より、

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -0.0548755 & -0.873437 & -0.483835 \\ 0.49411 & -0.44483 & 0.746982 \\ -0.867666 & -0.198076 & 0.455984 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (50)$$

が、赤道座標から銀河座標への変換を与える。

赤経、赤緯が $(281^\circ\!.000, -4^\circ\!.070)$ のときの方向ベクトル、$(0.19033, -0.97915, -0.0709752)$ を上式に代入し、銀河座標における方向ベクトルは、$(0.879122, 0.476581, -0.00355986)$ となる。これから、

$$\tan^{-1}\left(\frac{0.476581}{0.879122}\right) = 28^\circ\!.463$$

$$\tan^{-1}\left(\frac{-0.00355986}{\sqrt{0.879122^2 + 0.476581^2}}\right) = -0^\circ\!.204$$

となり、正しい銀経、銀緯が得られた。

4. 人工衛星の姿勢

4.1. 人工衛星の姿勢とオイラー角

天球に対する人工衛星の姿勢を、オイラー角を使って表わすことができる。宇宙科学研究本部の科学衛星では、たとえば、X 線天文衛星「あすか」、「すざく」、赤外線天文衛星「あかり」に関しては、スピン軸が衛星の+Z 軸、衛星の太陽電池パネルは+Y 軸の方向を向いてい

て、観測方向 (望遠鏡が向いている方向) は+Z 軸方向である。Z 軸を天の北極、X 軸を春分点、Y 軸を赤経=90° が衛星の初期姿勢で、そこから ZYZ の順に回転させていった 3 つのオイラー角で、衛星の姿勢を定義する。

十分な発電量を得るため、+Y 軸は、常に太陽の方向を向いている必要がある[11]。季節によって、太陽は黄道上を移動し、+Z 軸方向を観測するので、観測ターゲットは、太陽と約 90° をなす大円上になくてはならないことがわかる。また、黄道座標の北極 (North Ecliptic Pole; NEP) と南極 (South Ecliptic Pole; SEP) は、一年中観測可能であることがわかる。

4.2. 観測装置の視野とオイラー角

衛星のオイラー角と、観測している視野の関係は大切である。ZYZ のオイラー角を (ϕ,θ,ψ) としよう。衛星の+Z 軸が観測装置が見ている方向だから、赤経 (R.A.)、赤緯 (Dec.) は、

$$R.A. = \phi, Dec. = 90^\circ - \theta \tag{51}$$

で与えられることがただちにわかるだろう。

第 3 オイラー角、ψ は、観測装置がターゲットの周りに回転する角、いわゆる**ロール角**を与える。慣習として、ロール角は、天の北から観測装置の+Y 軸 (DETY) へ、**反時計周り**に計った角を使う[12]。第 3 オイラー角とロール角 (ROLL) の関係は、

$$Roll = 90^\circ - \psi \tag{52}$$

で与えられる。

人工衛星による実際の観測においては、観測ターゲットの天球上での位置と季節 (太陽の天球上での位置) に応じて、オイラー角を決定する必要がある[13]。具体的な例を見てみよう。NEP の赤経、赤緯は (270°.0,66.°6) であることは良いだろう (2 頁の図参照)。「すざく」衛星は、今までこの領域を二回観測している。その時期とオイラー角は以下の通りである。

2005-09-02 (272.80, 24.00, 159.07)
2006-02-10 (272.82, 23.98, 323.67)

式 (51) より、これらのオイラー角が、NEP 近辺を見ていることがわかる。最初の ZY の回転で、Y 軸がほぼ春分点を、Z 軸がほぼ NEP を向いていることに注意。よって、Y 軸はほぼ黄道上にあり、第 3 オイラー角がその黄経に対応することがわかる。秋分の時に太陽の黄経が 180°、春分の時に 0° であることを考えれば、9 月 2 日の太陽の黄経はほぼ 159°、2 月 10 日の太陽の黄経がほぼ 324° であることがわかるだろう。

[11] 少々ずれていても良い。太陽と+Y 軸のなす角を「太陽角」と言う

[12] 地球上では、通常、方位角は北から時計周りに計った角で定義する。経度が増える向きが地球と天球で反対のため、こうなる。

[13] こういう衛星運用も、宇宙科学研究所の研究者の大事な仕事である