

第2回

天球座標とその変換

東京大学教養学部前期課程

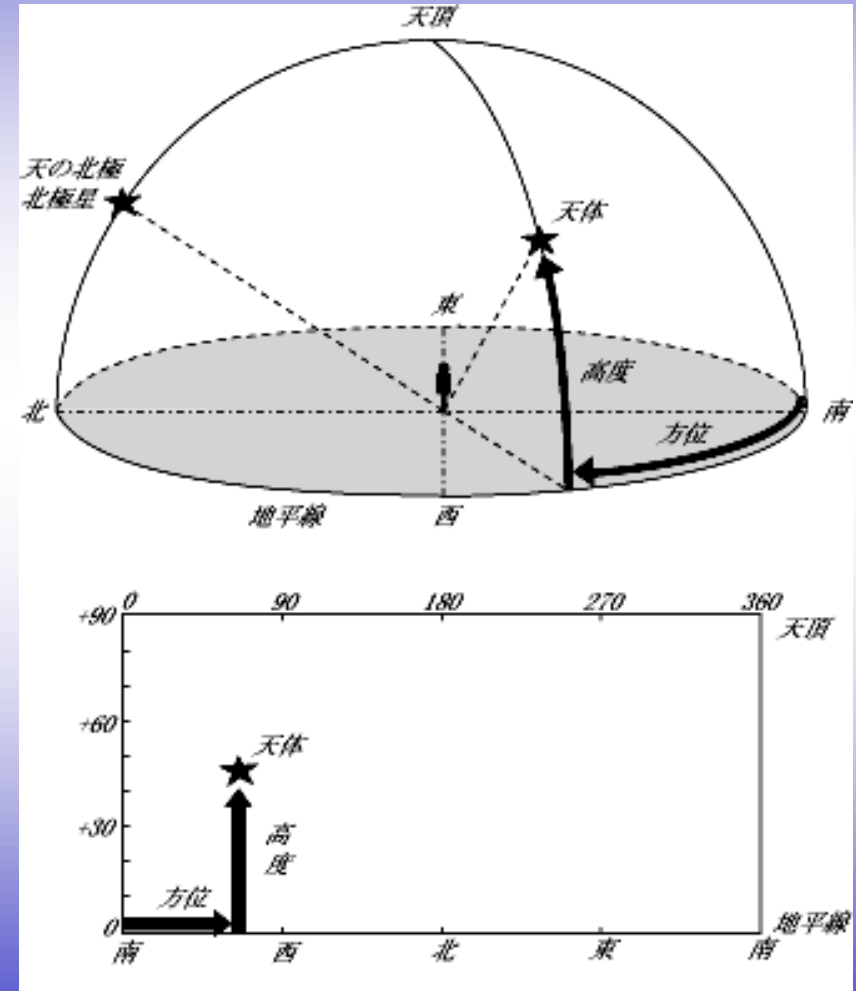
2016年冬学期 宇宙科学II

松原英雄(JAXA宇宙研)

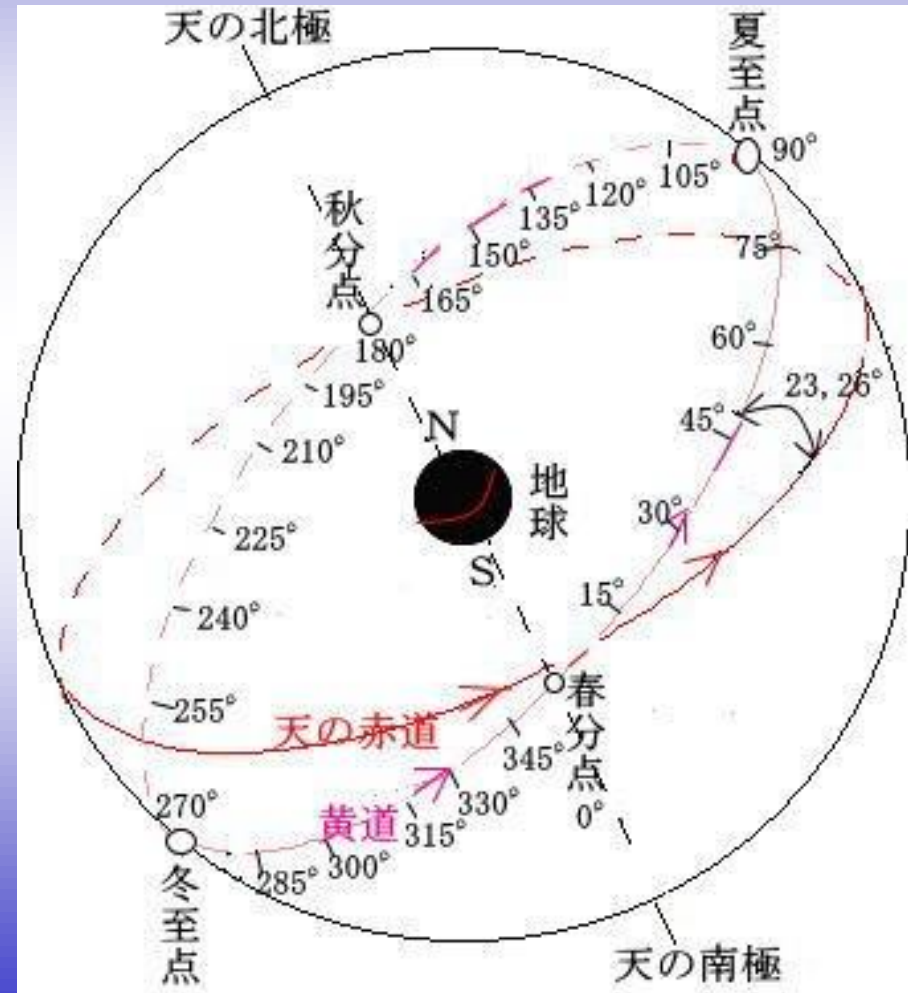
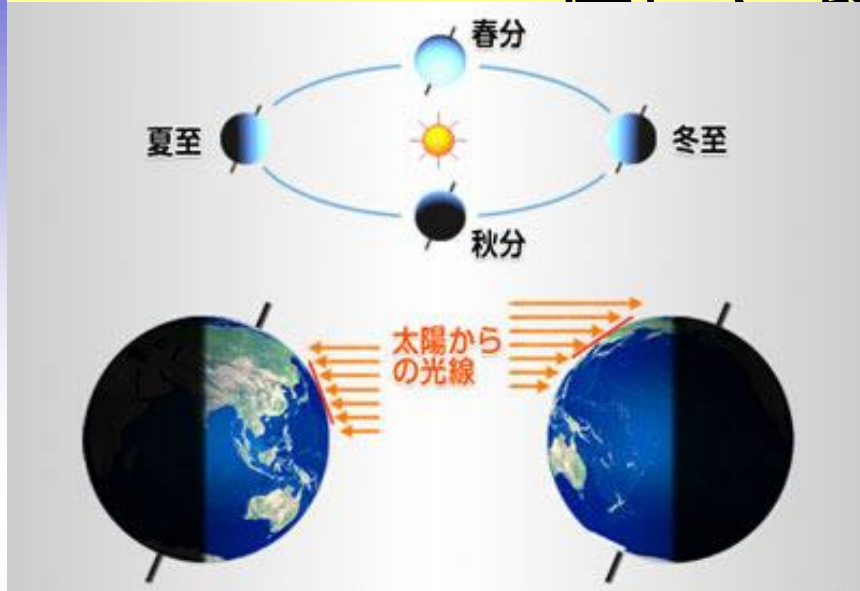
天体の位置の表し方(1)

地平座標系

- 方位角と高度
 - 観測地点がどこにあるか、また時刻によって天体の座標は変わってしまう。



観測地点や時刻に依らず、天体の位置を表すには

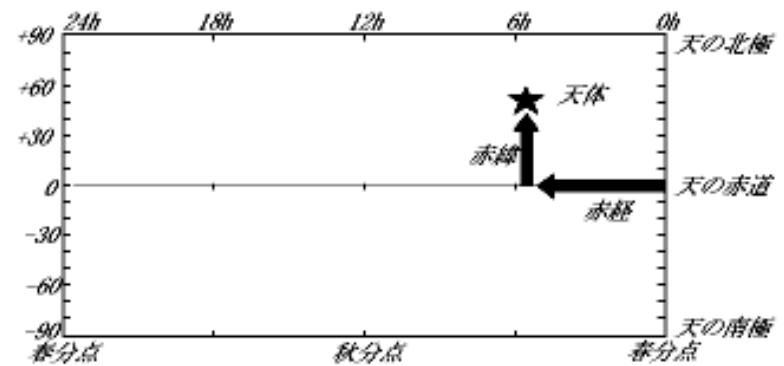
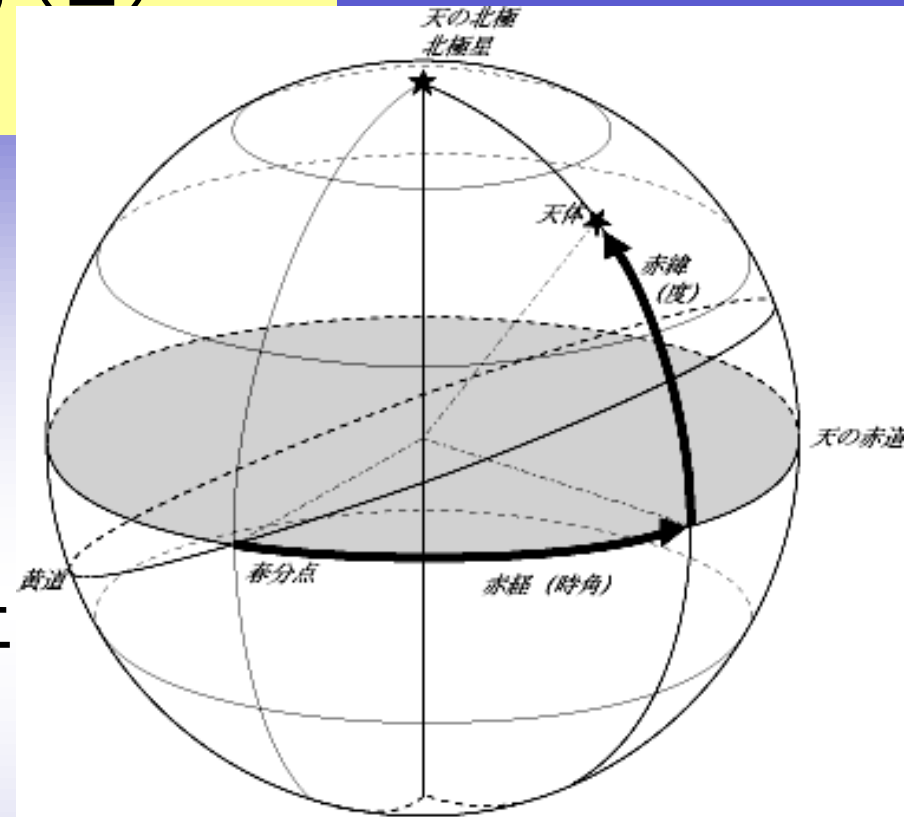


- 天の赤道: 天の極軸 (地球の自転軸の方向) に垂直な面
- 黄道: 天球上での地球の軌道面

天体の位置の表し方(2)

赤道座標系

- 赤道面と黄道は、春分点と秋分点で交わる。
 - この春分点の方向は(地球の自転軸の傾きが一定と思えば)ほぼ慣性空間に固定された方向である。
 - 春分点を起点に赤道に沿って測った時角を赤経 α 、経線(α が一定の大円)に沿って赤緯 δ (赤道 $\delta=0$)を定義する。



座標変換(地平座標 \leftrightarrow 赤道座標)

$$\cos h \sin A = -\cos \delta \sin H$$

$$\cos h \cos A = \cos \psi \sin \delta - \sin \psi \cos \delta \cos H$$

$$\sin h = \sin \psi \sin \delta + \cos \psi \cos \delta \cos H$$

A 方位角 h 仰角 α 赤経 δ 赤緯
 ψ 観測点の緯度 H 時角

☆変換には、地球の自転と公転の情報が必要

$$H = \Theta - \alpha = \Theta_{G0} + 1.002738UT - \lambda - \alpha$$

Θ_{G0} 0時UTにおけるグリニッジ恒星時

Θ 地方恒星時 UT 世界時

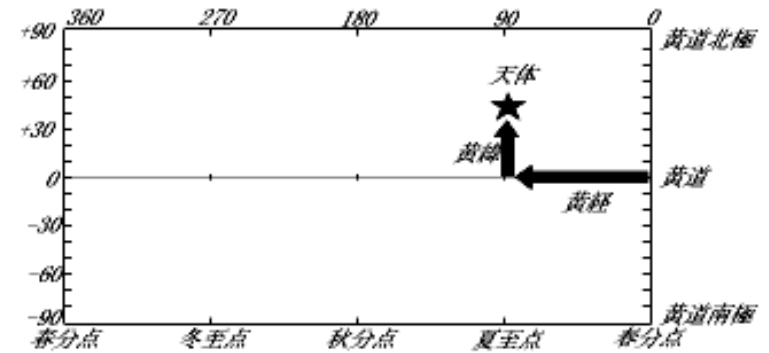
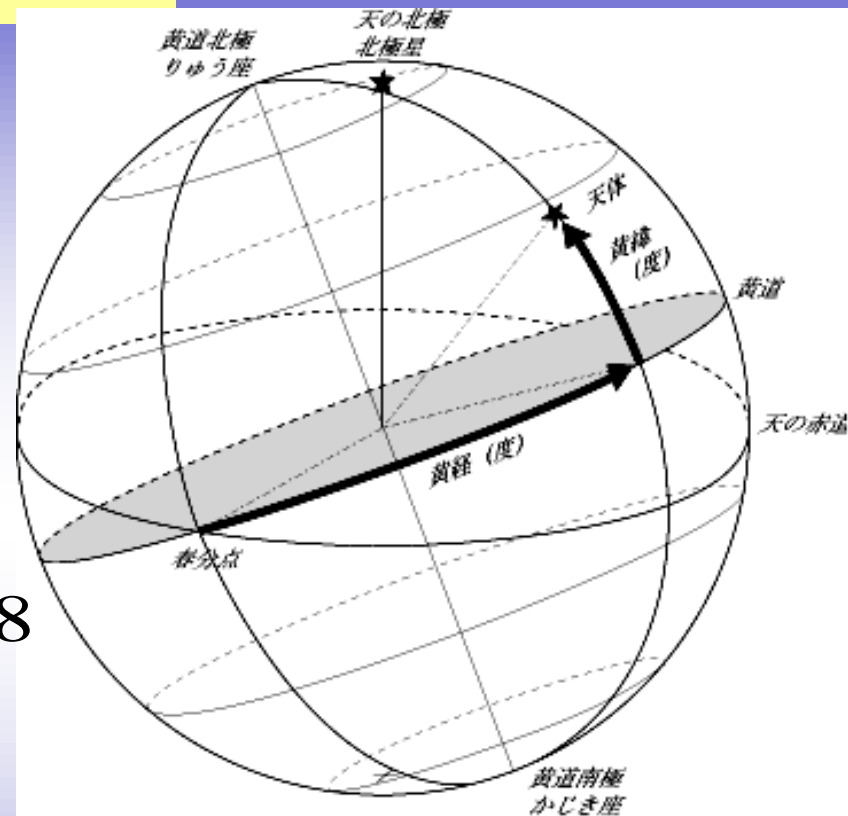
λ 観測点の経度

天体の位置の表し方(3) 黄道座標系

- 春分点を起点に、黄道に沿って黄経 λ 、経線に沿って黄緯 β を定義する。
- 黄道傾斜角

$$\theta_0 = 23^\circ 26' 21''.4 = 23.43928$$

- 春分点をX軸とすると、X軸周りに θ_0 回転すれば得られる



天体の位置の表し方(4)

銀河座標系

- 銀河赤道(天の川を中心線)は、赤道に対して傾斜しています。

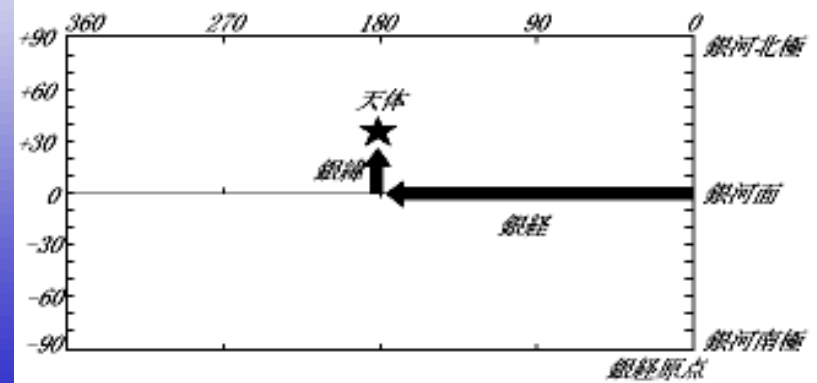
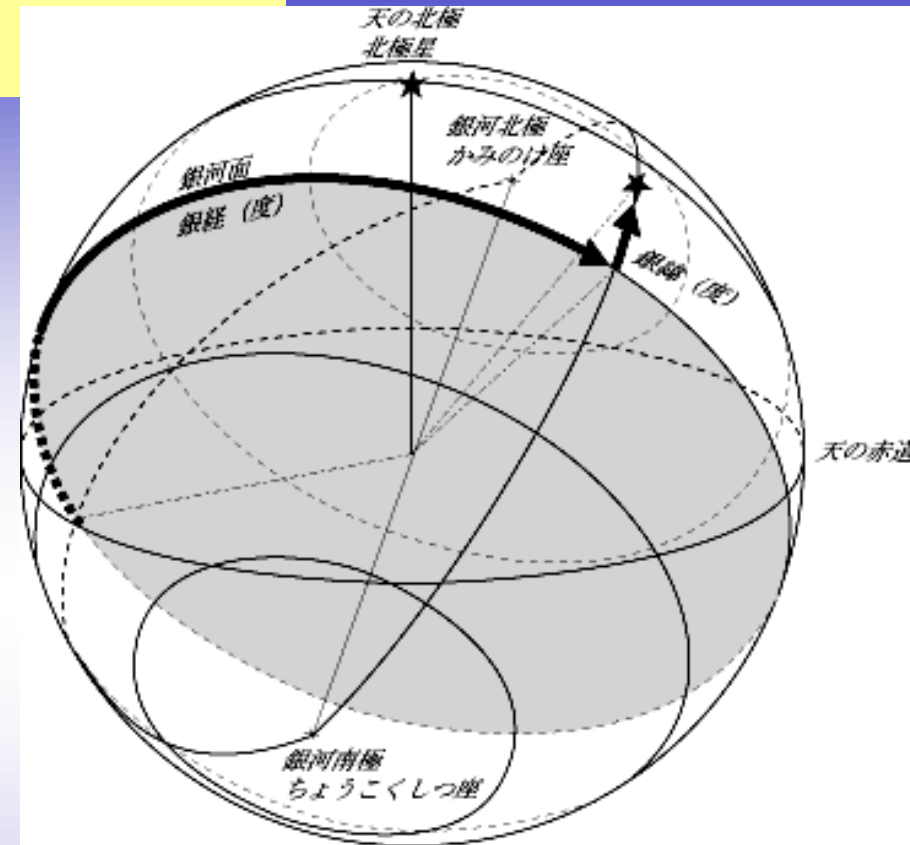
$$\theta_G = 62^\circ 52'$$

- 原点は？

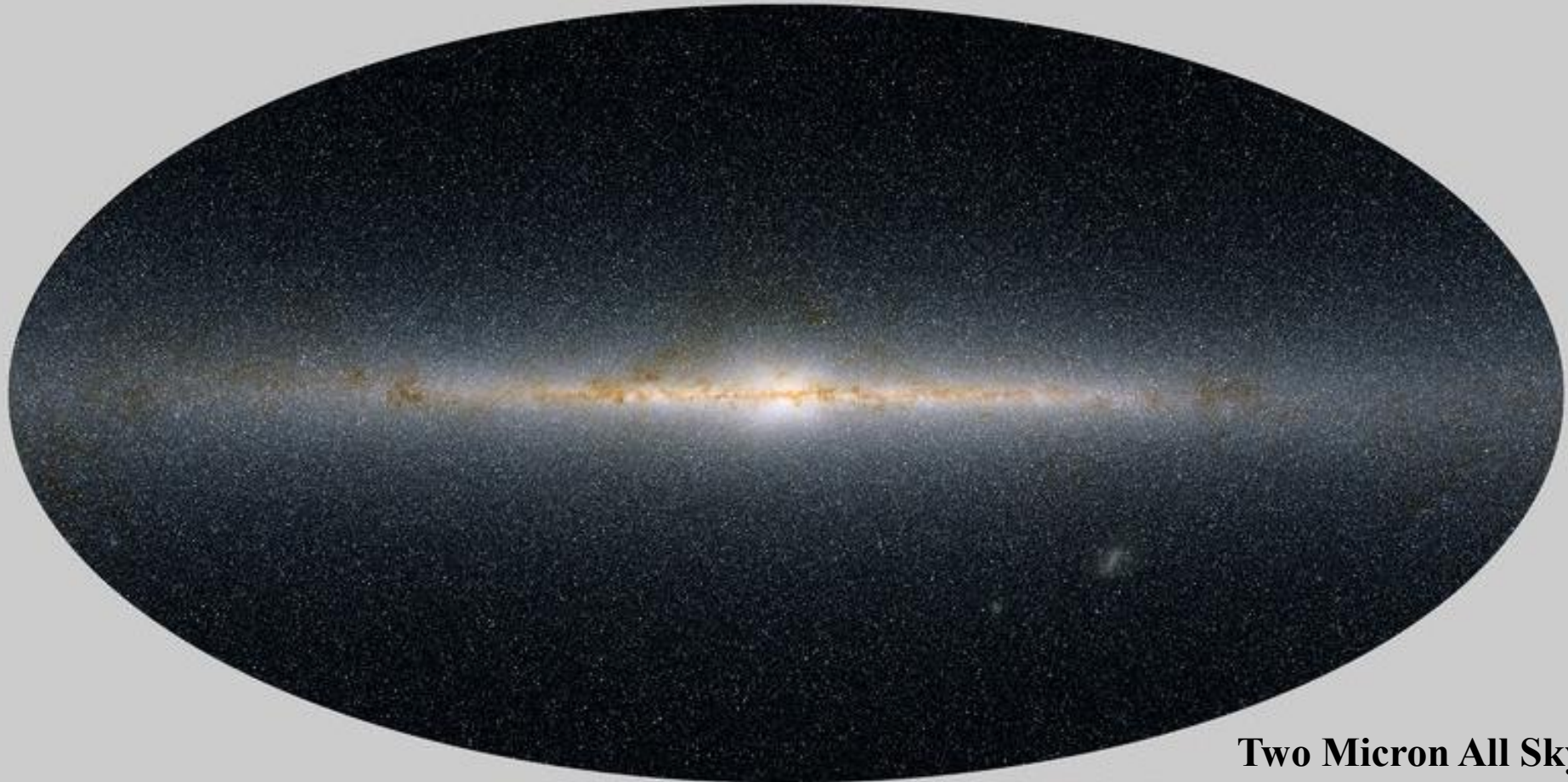
- 銀河中心(射手座の電波源SgrA)(J2000)を銀経の原点とする

$$\alpha = 17^h 45^m .6$$

$$\delta = -28^\circ 56'$$



銀河座標系は全天画像で良く使います
近赤外線 でみた全天画像



Two Micron All Sky
Survey (2MASS),

- 銀河円盤とバルジ(丸く膨らんだ部分)を横から見たような姿に見えますね？わたしたちは、確かに一つの銀河の中に住んでいます。

方向ベクトルと回転変換を使う

- 赤道座標系
 - X軸は春分点の方向。Z軸は北極の方向
 - Y軸はXYZが右手系になるようにとる
- 赤道座標系での方向ベクトル(他の座標系でも同様に定義すればよい)
 - 長さが1で、 (α, δ) の方向の直交座標は

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \delta \cos \alpha \\ \cos \delta \sin \alpha \\ \sin \delta \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

- (x, y, z) から (α, δ) を求めるには

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \delta \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tan^{-1}(y/x) \\ \tan^{-1}(z/\sqrt{x^2 + y^2}) \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

赤道座標 → 黄道座標

- X軸周りの一回の回転で表現できる。

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_0 & \sin \theta_0 \\ 0 & -\sin \theta_0 & \cos \theta_0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \quad (2.12) \quad (2.13)$$

- やり方
 - まず(2.3)で、方向ベクトル (x, y, z) をもとめる。
 - 次に(2.12)(2.13)により (x', y', z') に変換する。
 - 最後に、(2.7)により (x', y', z') から (λ, β) をもとめる。

第二回の問題

- 問2-1. 北黄極 ($\beta = 90^\circ$) の赤経・赤緯をもとめよ。答えだけでなく、考え方を説明すること。
 - (ヒント) +X軸方向は、 $\alpha = 0h$ 。-X軸は $\alpha = 12h$ 。黄道座標系は、X軸周りに θ_0 回転した座標系です。図を書いてみてください。
- 問2-2. 赤道面のある方向 ($\alpha = 9^h$, $\delta = 0^\circ$) の黄経・黄緯 (λ, β) を、以下のやり方に沿って求めよ。
 - (1) 方向ベクトル (x, y, z) を計算せよ。
 - (2) (1) の方向ベクトルを黄道座標での方向ベクトル (x', y', z') に変換せよ。
 - (3) (2) の方向ベクトルから (λ, β) を求めよ。
 - 【注意】 λ の取りうる範囲は $0 \sim 360$ 度、 β は $-90 \sim +90$ 度ですが、方向ベクトルの成分の正負で、値の範囲に制限が付きます。なお、解答に至る経緯も適切に説明してください (答えだけしか書かれていないものは零点です)。