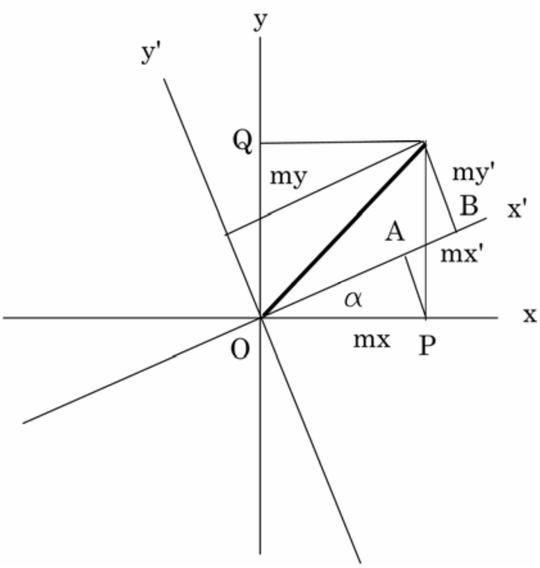
付録

A1　座標の回転（座標変換）とベクトルの回転

（A）座標軸の回転

　デカルト座標系X(x, y, z)で表したベクトル$\boldsymbol{m}$の成分を(m_x, m_y, m_z)とする。座標系Xをz軸のまわりにα回転した新しい座標系をX′(x', y', z')とする。新しい座標系X′で表したベクトル$\boldsymbol{m'}$ の成分を($m_{x''}$, $m_{y'}$, $m_{z'}$)とすると、図A 1より



図A 1　座標の回転

$$m_{x'} = \mathrm{OB{=}OP}\cos\alpha + \mathrm{RP}\sin\alpha = m_x \cos\alpha + m_y \sin\alpha$$

であるので

$$\begin{pmatrix} m_{x'} \\ m_{y'} \\ m_{z'} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\alpha & \sin\alpha & 0 \\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} m_x \\ m_y \\ m_z \end{pmatrix} \qquad \text{(A 1.1)}$$

となる。変換行列を

$$\boldsymbol{U}_z(\alpha)=\begin{pmatrix}\cos\alpha & \sin\alpha & 0\\ -\sin\alpha & \cos\alpha & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix} \tag{A1.2}$$

とすると

$$\boldsymbol{m}'=\boldsymbol{U}_z(\alpha)\boldsymbol{m} \tag{A1.3}$$

と書くことができる。y 軸のまわりのβ回転に対する変換行列は

$$\boldsymbol{U}_y(\beta)=\begin{pmatrix}\cos\beta & 0 & -\sin\beta\\ 0 & 1 & 0\\ \sin\beta & 0 & \cos\beta\end{pmatrix} \tag{A 1.4}$$

x 軸のまわりにγの回転の変換行列は

$$\boldsymbol{U}_x(\gamma)=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\gamma & \sin\gamma\\ 0 & -\sin\gamma & \cos\gamma\end{pmatrix} \tag{A 1.5}$$

となる。

（B）ベクトルの回転

一方、ベクトル$\boldsymbol{m}$の回転は座標の回転と逆なので、$\boldsymbol{m}$をx 軸のまわりにγ回転して$\boldsymbol{M}$にする回転行列$\boldsymbol{R}$は

$$\boldsymbol{R}_x(\gamma)=\begin{pmatrix}1 & 0 & 0\\ 0 & \cos\gamma & -\sin\gamma\\ 0 & \sin\gamma & \cos\gamma\end{pmatrix} \tag{A 1.6}$$

で、

$$\boldsymbol{M}=\boldsymbol{R}_x(\gamma)\boldsymbol{m} \tag{A 1.7}$$

と書くことができる。

同様に、y 軸回りにベクトルをβだけ回転する行列は

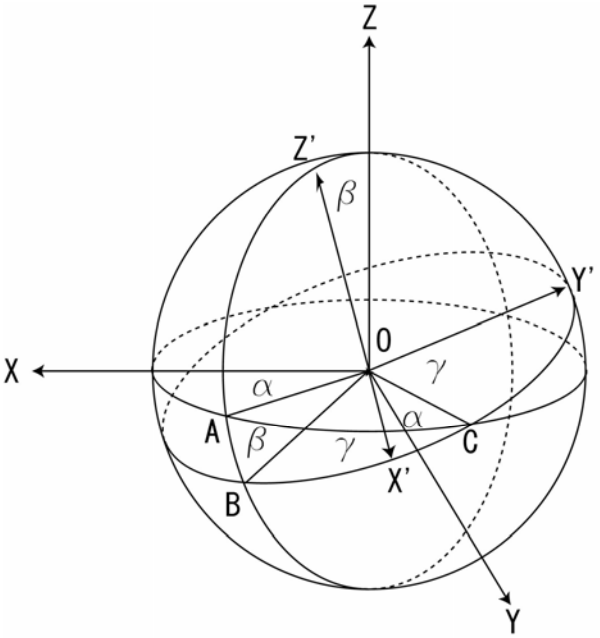
$$\boldsymbol{R}_y(\beta)=\begin{pmatrix}\cos\beta & 0 & \sin\beta\\ 0 & 1 & 0\\ -\sin\beta & 0 & \cos\beta\end{pmatrix} \tag{A 1.8}$$

また、z軸回りにベクトルをαだけ回転する行列は

$$\boldsymbol{R}_z(\alpha)=\begin{pmatrix}\cos\alpha & -\sin\alpha & 0\\ \sin\alpha & \cos\alpha & 0\\ 0 & 0 & 1\end{pmatrix} \tag{A 1.9}$$

である。

古い座標系X（x、y、z）と新しい座標系X'（x'、y'、z'）には次のような回転で関係付けられているとする。旧いもとの座標系のz軸のまわりに古い座標系をα回転する。その結果できた新しいy軸（OC）の周りにβ回転する。最も新しいz'軸のまわりにγ回転すると新しい座標系に一致する（図A 2）。



図A 2　オイラー角

座標回転の行列は

$$\boldsymbol{R}(\alpha,\beta,\gamma)=\boldsymbol{R}_{z'}(\gamma)\boldsymbol{R}_{y'}(\beta)\boldsymbol{R}_{z}(\alpha) \qquad \text{(A 1.10)}$$

となるので、

$$\boldsymbol{R}(\alpha,\beta,\gamma)=\begin{pmatrix} \cos\alpha\cos\beta\cos\gamma-\sin\alpha\sin\gamma & \sin\alpha\cos\beta\cos\gamma+\cos\alpha\sin\gamma & -\sin\beta\cos\gamma \\ -\cos\alpha\cos\beta\sin\gamma-\sin\alpha\cos\gamma & -\sin\alpha\cos\beta\sin\gamma+\cos\alpha\cos\gamma & \sin\beta\sin\gamma \\ \cos\alpha\sin\beta & \sin\alpha\sin\beta & \cos\beta \end{pmatrix}$$

(A 1.11)

ここでα、β、γをEuler角という。Euler角の表示には二通りあり、これはWhittaker式（イギリス式）の表示法である。これに対してヨーロッパ式の表示法では　$\phi(=\alpha)$、$\theta(=\beta)$、$\psi(=\gamma)$ で表す。

また、古い座標系についての回転として

$$\boldsymbol{R}(\alpha,\beta,\gamma)=\boldsymbol{R}_z(\alpha)\boldsymbol{R}_y(\beta)\boldsymbol{R}_z(\gamma) \tag{A 1.12}$$

と表すこともできる。

A2　主な核の定数

核	スピン	天然存在比（%）	相対感度	磁気角運動量比 γ (10^{8} $s^{-1}T^{-1}$)	核四重極モーメント Q　($e \times 10^{-28} m^2$)
^{1}H	1/2	99.985	1.00	2.67522	
^{2}H	1	0.015	0.00965	0.41066	0.00282
^{6}Li	1	7.5	0.0085	0.39371	−0.008
^{7}Li	3/2	92.5	0.29	1.03976	−0.04
^{13}C	1/2	1.10	0.0159	0.67283	
^{14}N	1	99.634	0.00101	0.19338	0.01
^{15}N	1/2	0.366	0.00103	−0.27126	
^{17}O	5/2	0.038	0.0291	−0.36281	−0.026
^{19}F	1/2	100	0.83	2.51815	
^{23}Na	3/2	100	0.0925	0.70804	0.11
^{27}Al	5/2	100	0.21	0.69763	0.146
^{29}Si	1/2	4.67	0.00784	−0.53191	
^{31}P	1/2	100	0.0663	1.08394	
^{39}K	3/2	93.96	0.0005	0.12991	0.09
^{41}K	3/2	6.73	0.00008	0.06861	0.11
^{111}Cd	1/2	12.8	0.00954	−0.50408	
^{113}Cd	1/2	12.2	0.0109	−0.59609	
^{129}Xe	1/2	26.4	0.0212	−0.74523	
^{133}Cs	7/2	100	0.0474	0.353322	−0.003

一定磁場における^{1}Hを１としたときの相対感度