

# sin波のアニメーション

例: sin波

$$y = \sin 2\pi f t$$

$$f = 1 \quad [\text{Hz}]$$

$$dt = 0.01 \quad [\text{s}]$$

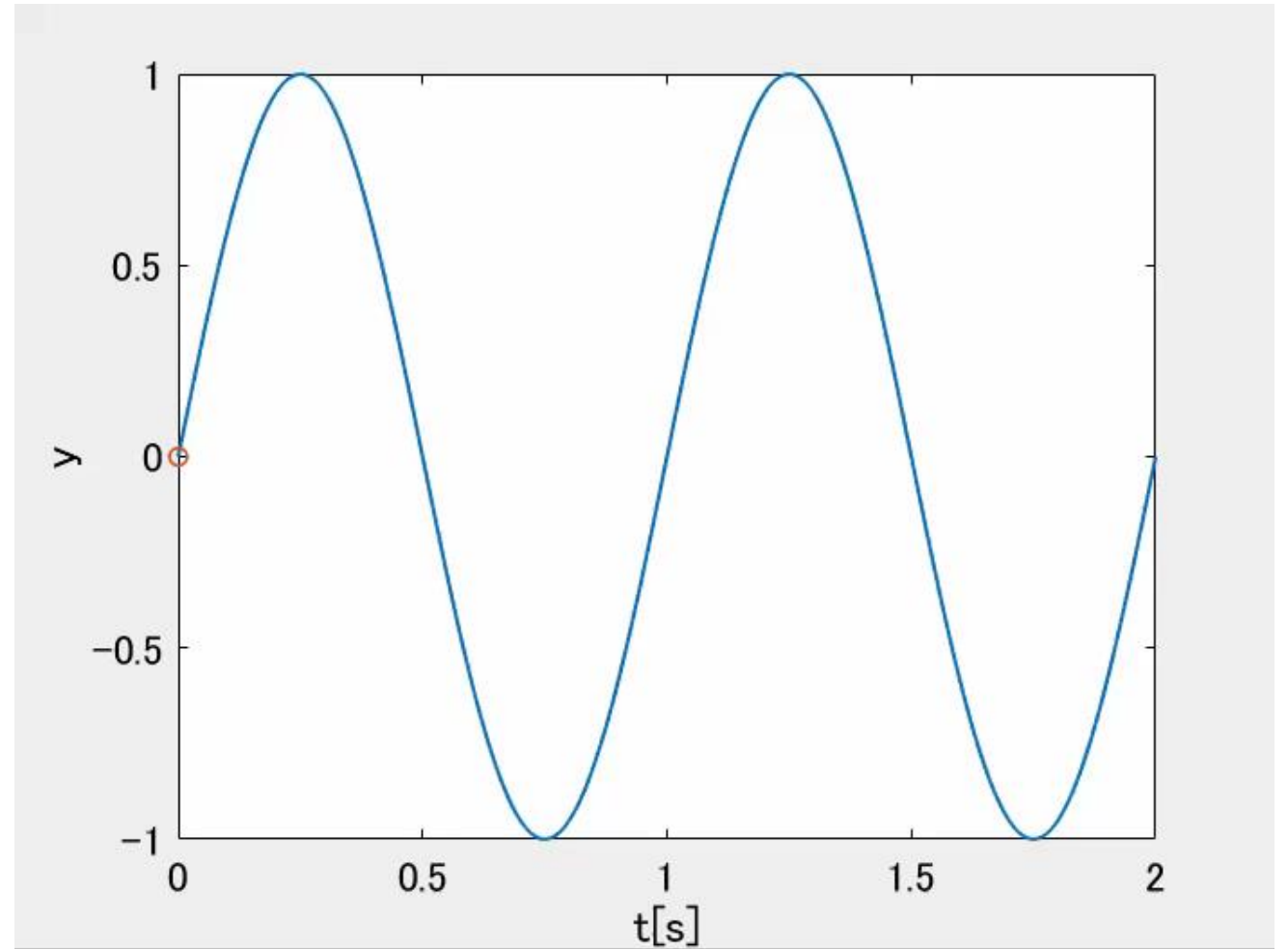
$$t_{\text{end}} = 2.0 \quad [\text{s}]$$

方法1: 再描画(遅い)

描画する→消す→描画する→...

方法2: 更新(早い)

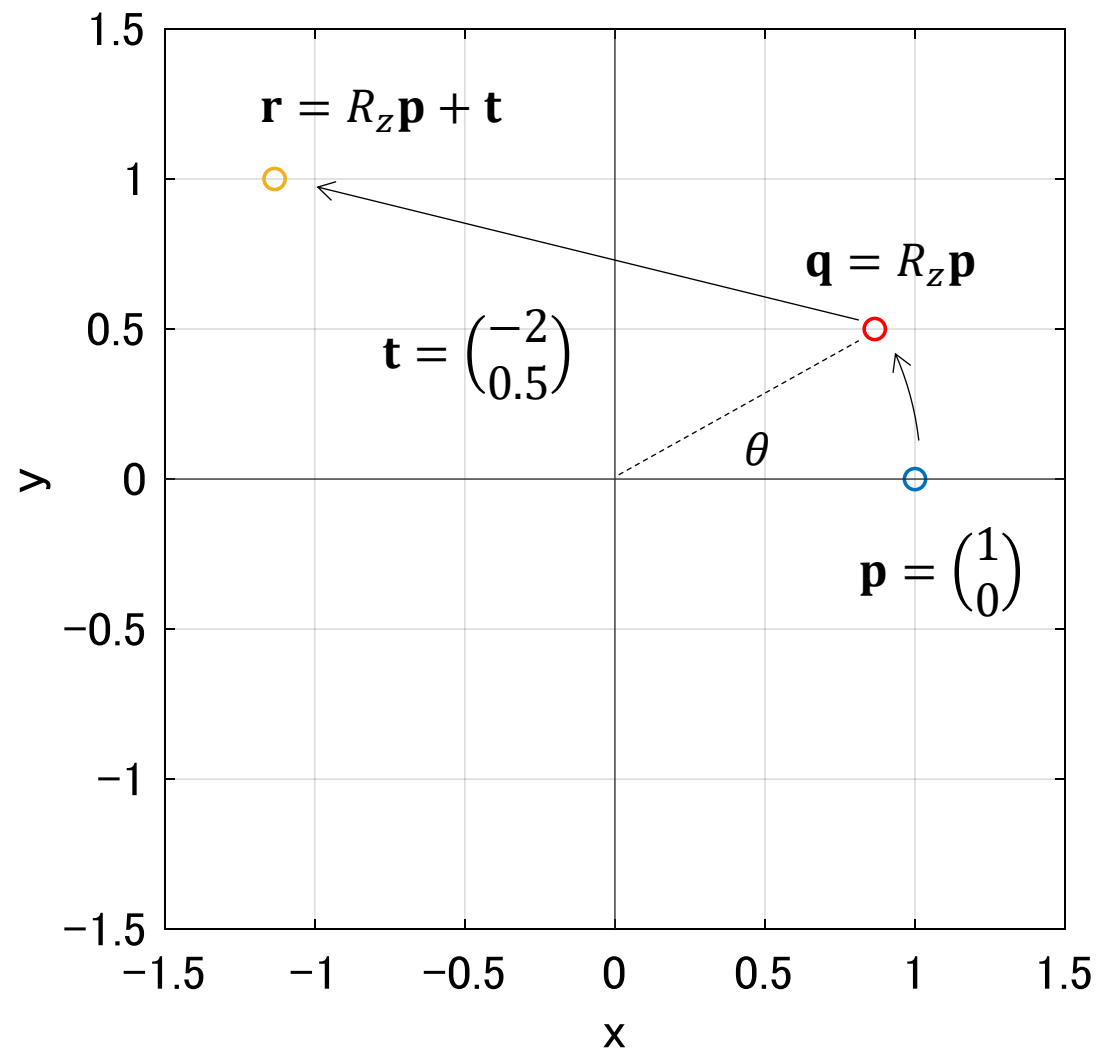
描画する(オブジェクトを保持する)  
→オブジェクトのプロパティを更新する  
→...



# 2次元の回転と移動(点)

2次元の回転行列(z軸周り)

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$



# 2次元の回転と移動(パッチ)

パッチオブジェクトの頂点座標プロパティ

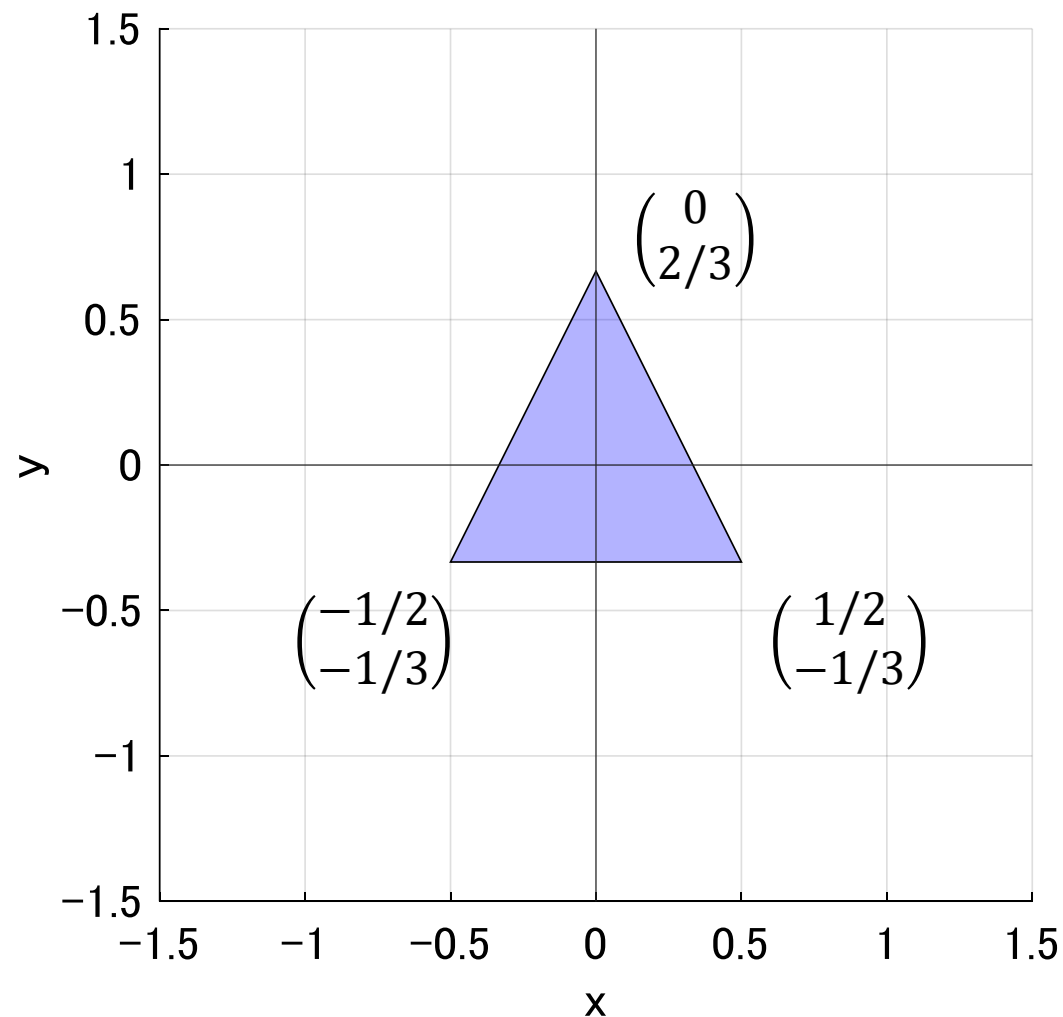
$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{pmatrix}$$

回転

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{v}^T = R_z \mathbf{u}^T$$

$$\begin{pmatrix} x'_1 & x'_2 & \cdots & x'_n \\ y'_1 & y'_2 & \cdots & y'_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & \cdots & x_n \\ y_1 & y_2 & \cdots & y_n \end{pmatrix}$$



# 2次元の回転と移動(パッチ)

パッチオブジェクトの頂点座標プロパティ

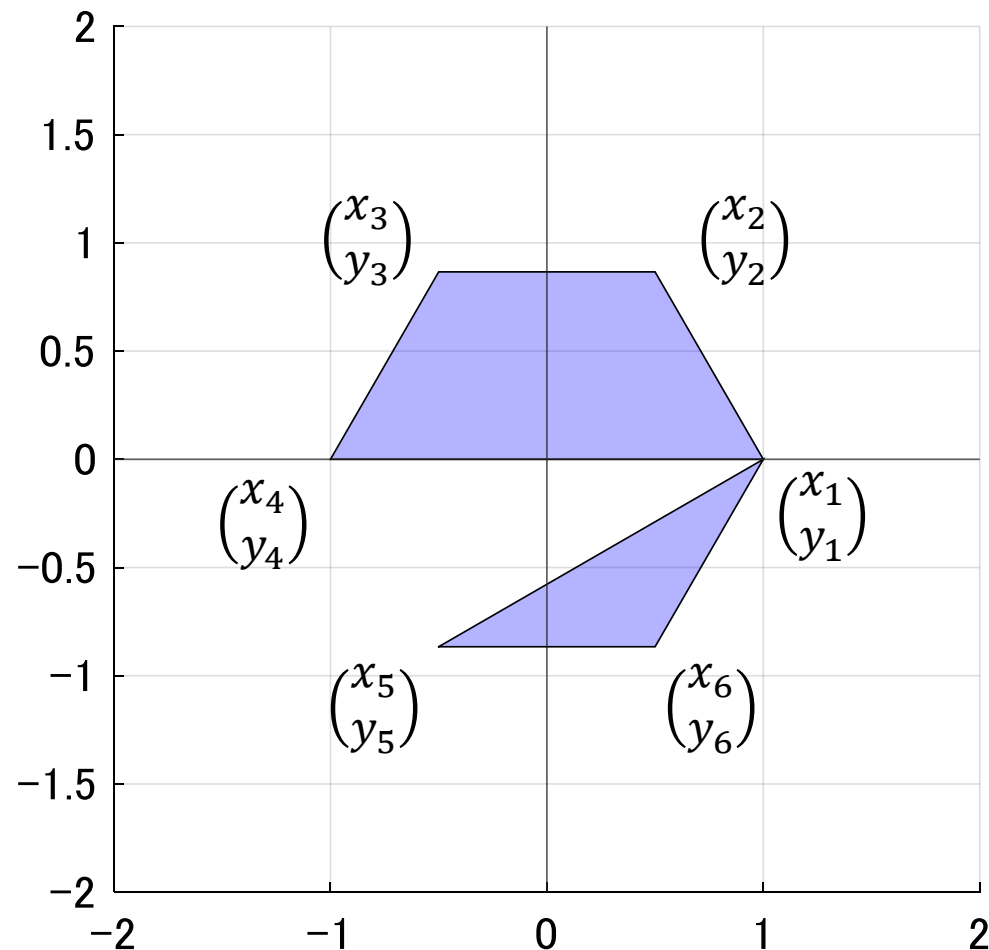
$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 \\ x_2 & y_2 \\ \vdots & \vdots \\ x_n & y_n \end{pmatrix}$$

パッチオブジェクトの頂点連結プロパティ

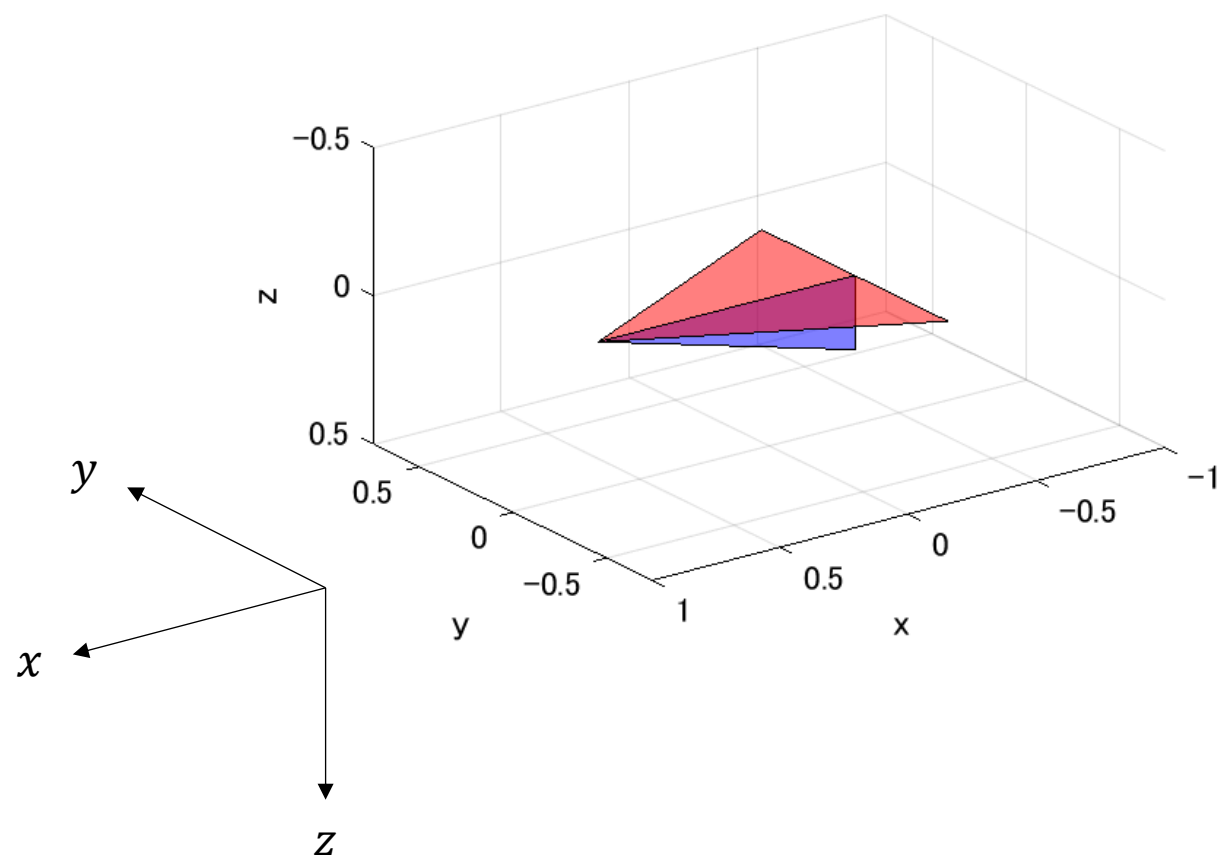
$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1n} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f_{n1} & f_{n2} & \cdots & f_{nn} \end{pmatrix} \begin{array}{l} \text{面1の頂点番号} \\ \text{面2の頂点番号} \\ \vdots \\ \text{面nの頂点番号} \end{array}$$

例:

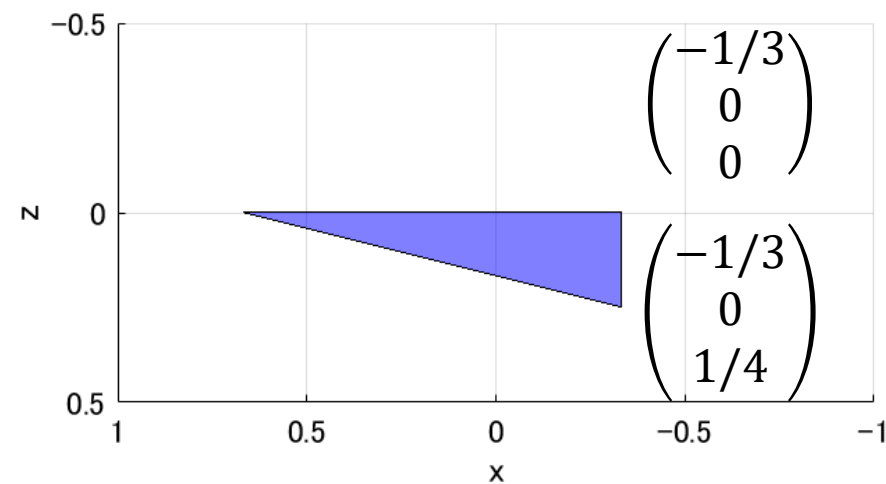
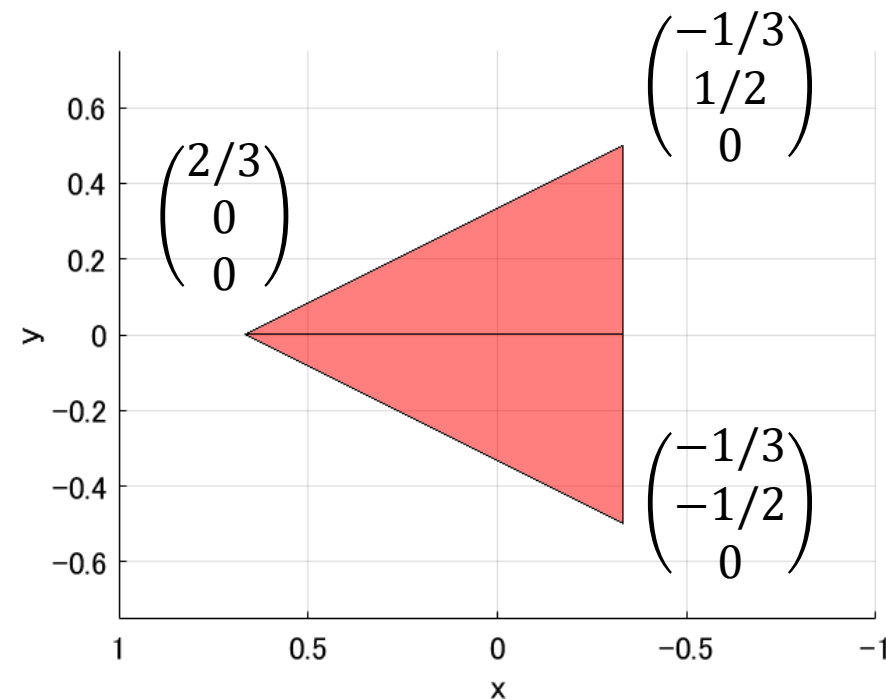
$$F = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 5 & 6 & 1 & \text{NaN} \end{pmatrix}$$



# 3次元の回転と移動(パッチ)



NED座標系(North-East-Down)



# 3次元の回転と移動(パッチ)

パッチオブジェクトの頂点座標プロパティ

$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{pmatrix}$$

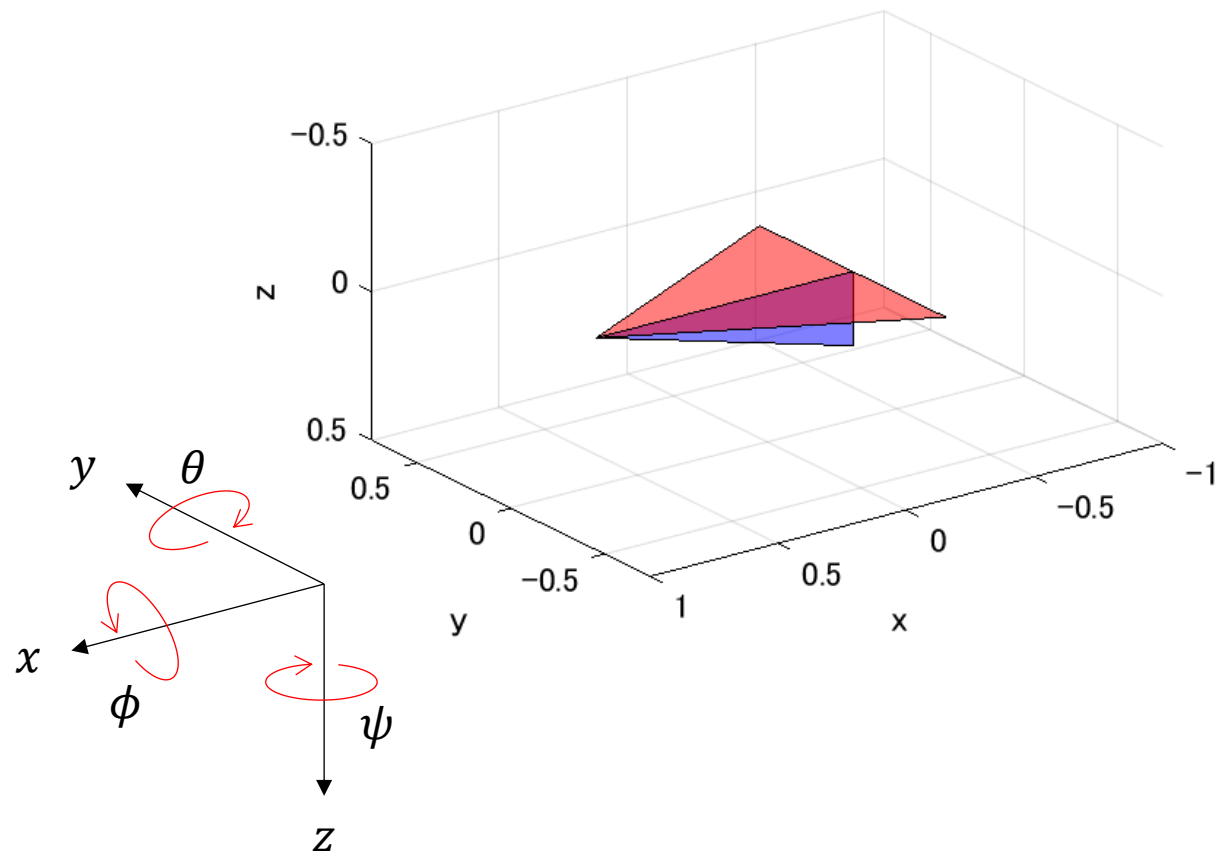
回転

$$R_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \phi & -\sin \phi \\ 0 & \sin \phi & \cos \phi \end{pmatrix}$$

$$R_y = \begin{pmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \theta & 0 & \cos \theta \end{pmatrix}$$

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos \psi & -\sin \psi & 0 \\ \sin \psi & \cos \psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{v}^T = R_z R_y R_x \mathbf{u}^T$$



# 3次元の回転と移動(パッチ)

パッチオブジェクトの頂点座標プロパティ

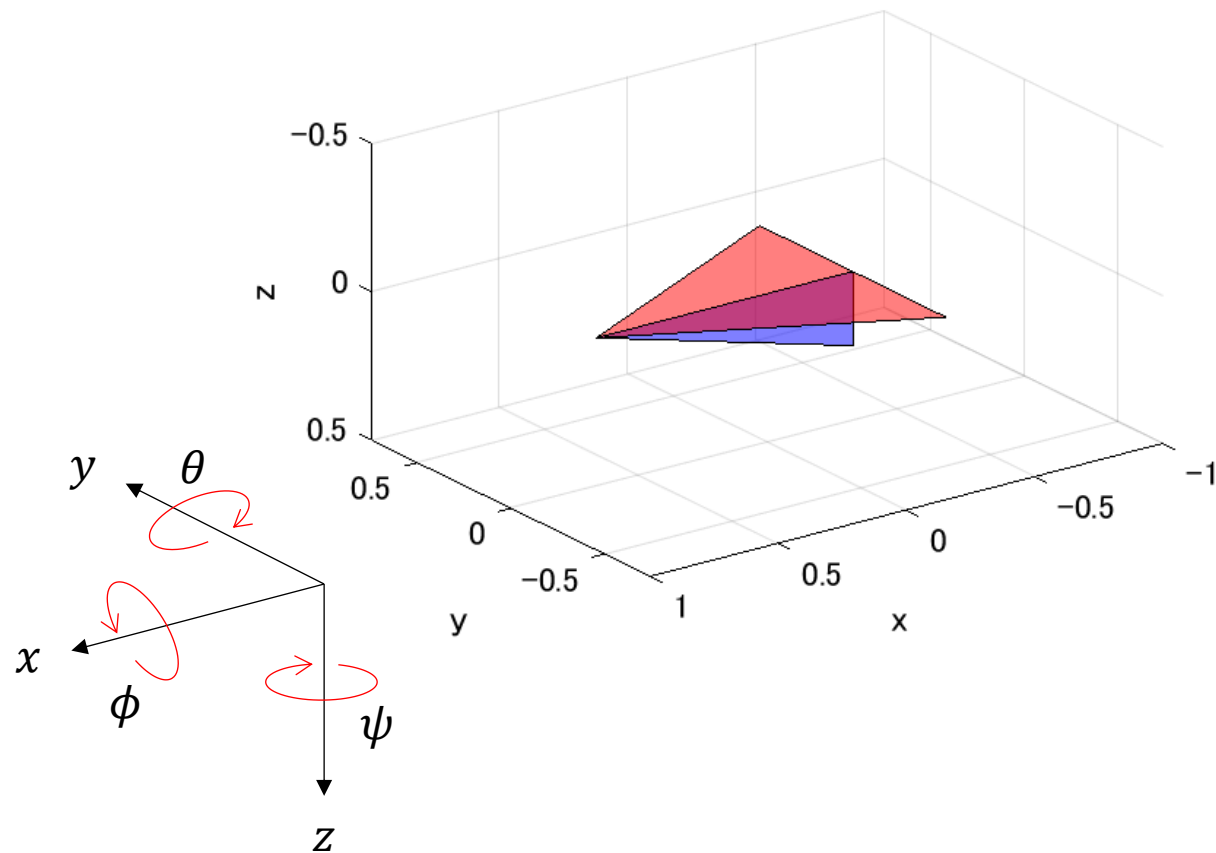
$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{pmatrix}$$

平行移動

$$\mathbf{t} = \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{v} = \mathbf{u} + \mathbf{t}^T$$

$$\mathbf{v} = \begin{pmatrix} x_1 + \Delta x & y_1 + \Delta y & z_1 + \Delta z \\ x_2 + \Delta x & y_2 + \Delta y & z_2 + \Delta z \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n + \Delta x & y_n + \Delta y & z_n + \Delta z \end{pmatrix}$$



# 3次元のアニメーション

## 円運動サンプル

$$x = R \cos \omega t$$

$$y = R \sin \omega t$$

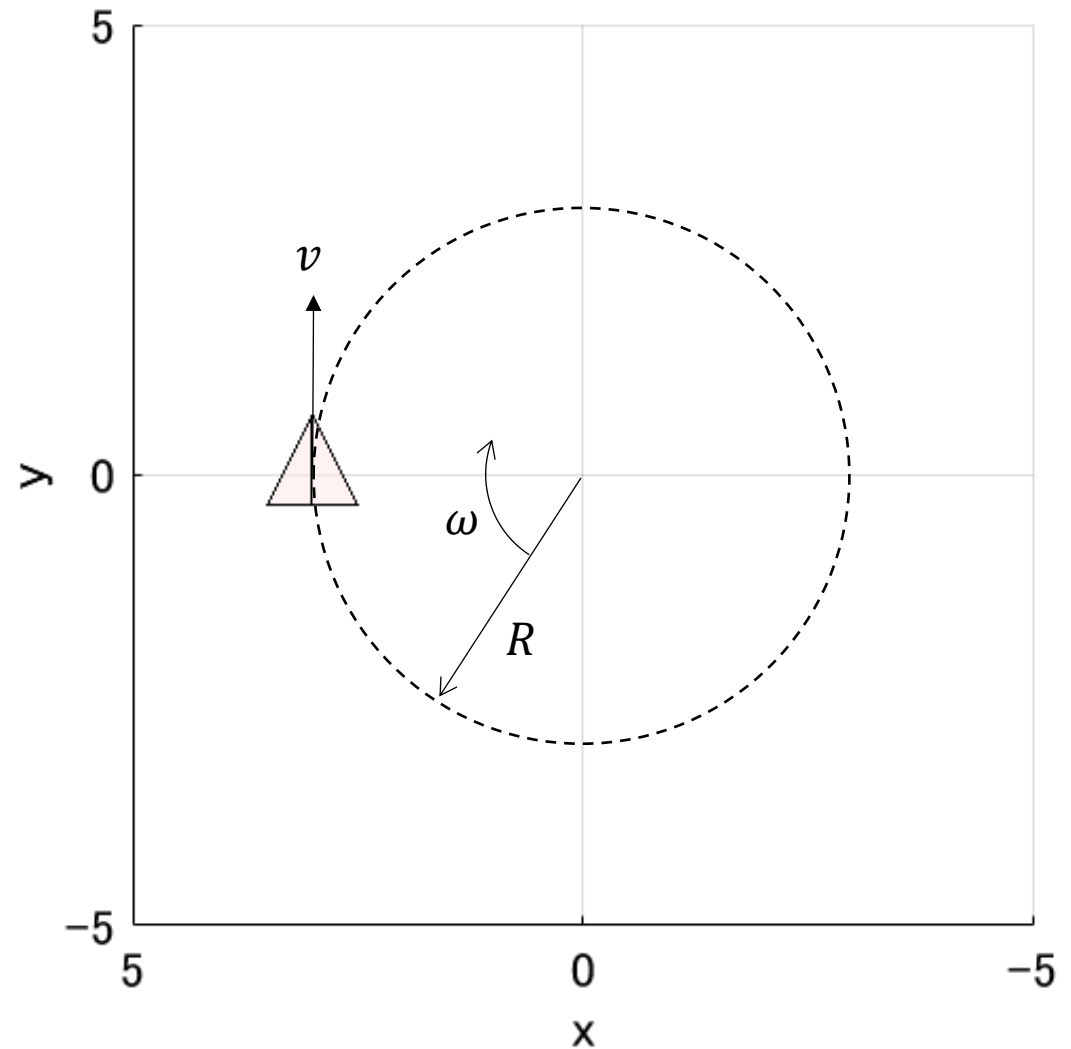
$$z = -H$$

$$\omega = v/R$$

$$\phi = \phi_0$$

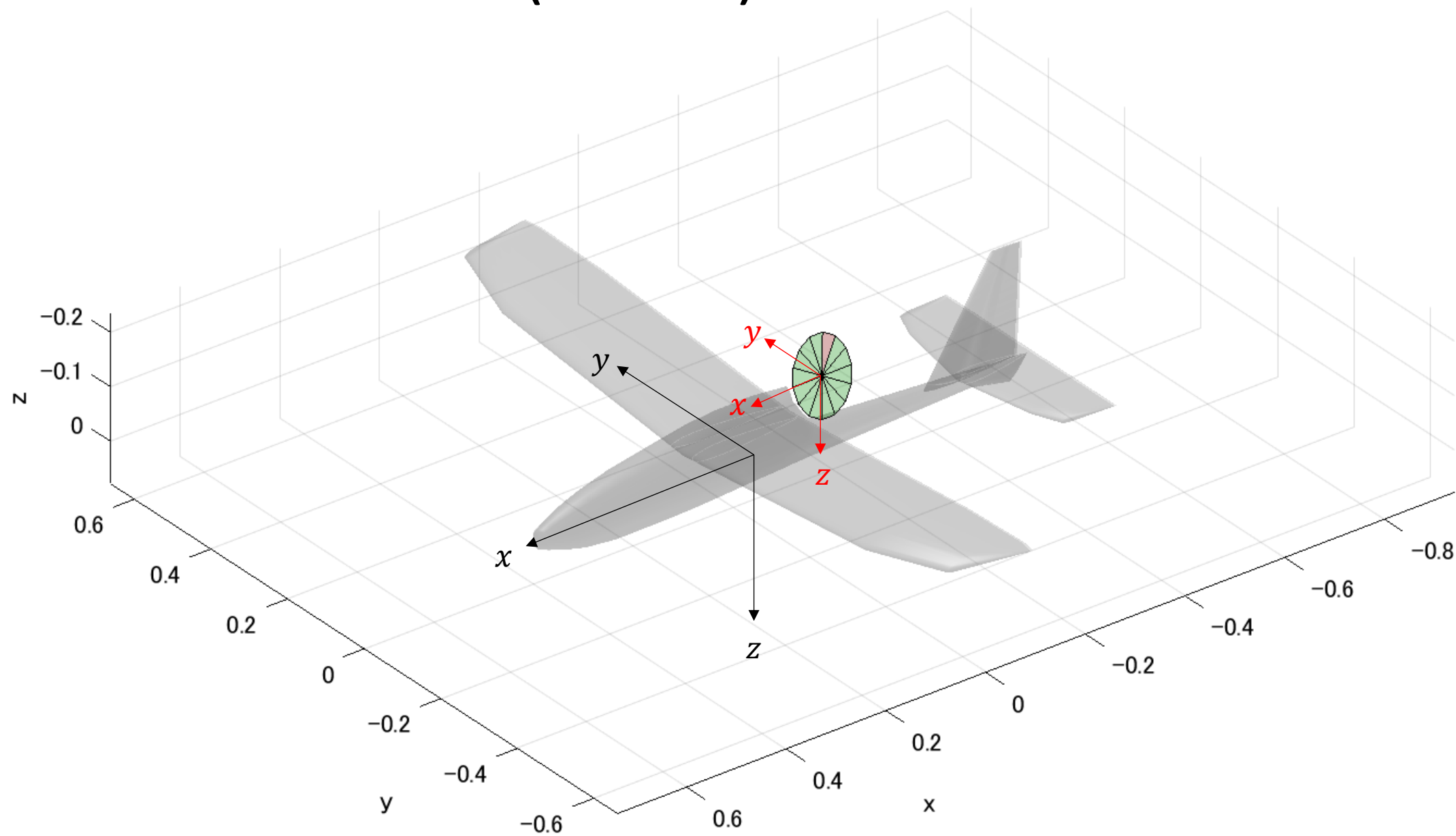
$$\theta = \theta_0$$

$$\psi = \omega t + \frac{\pi}{2}$$

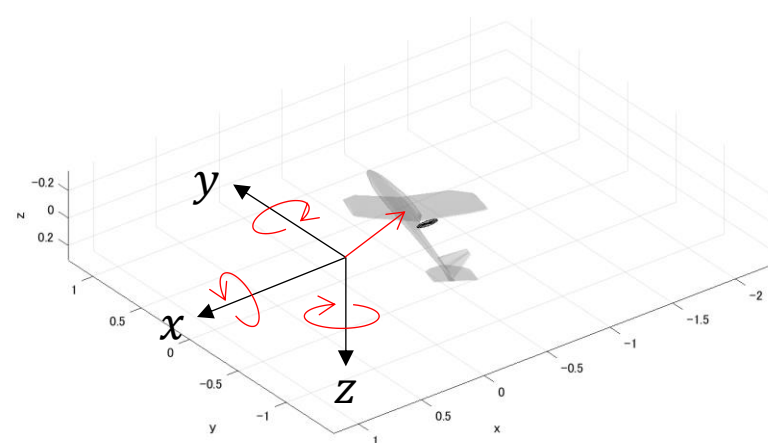
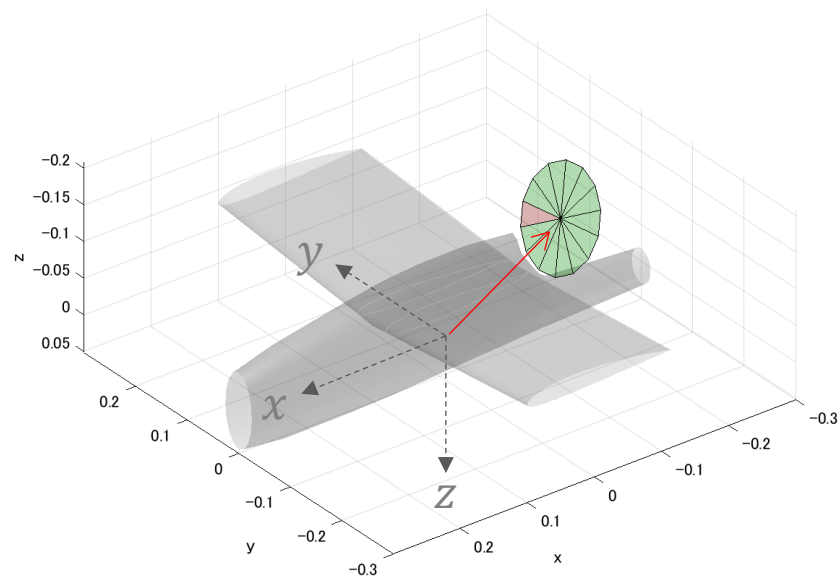
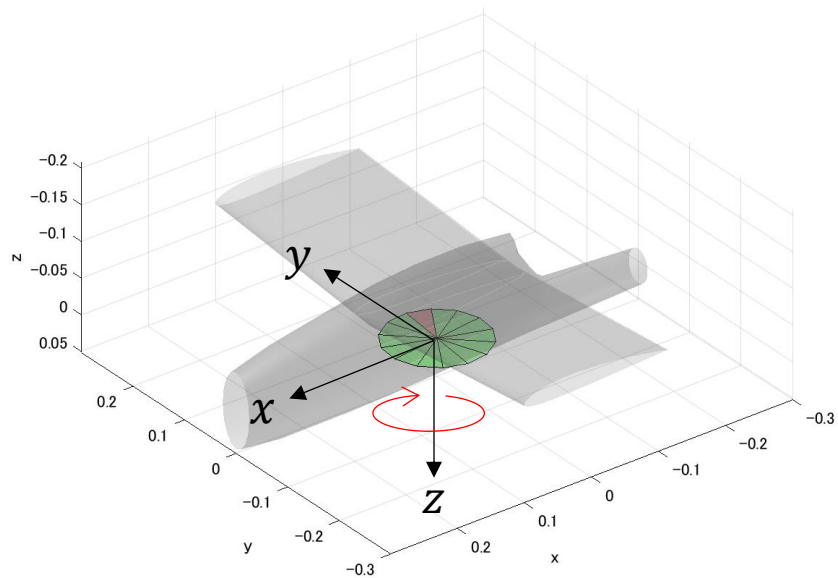
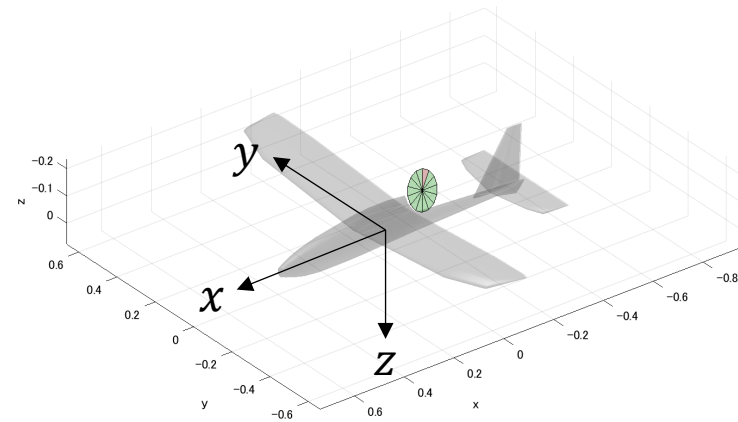
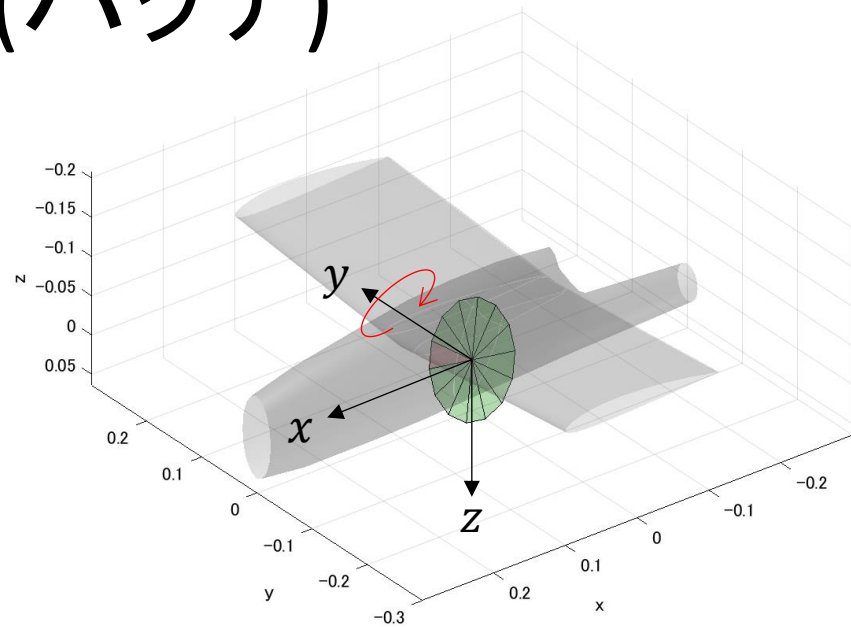
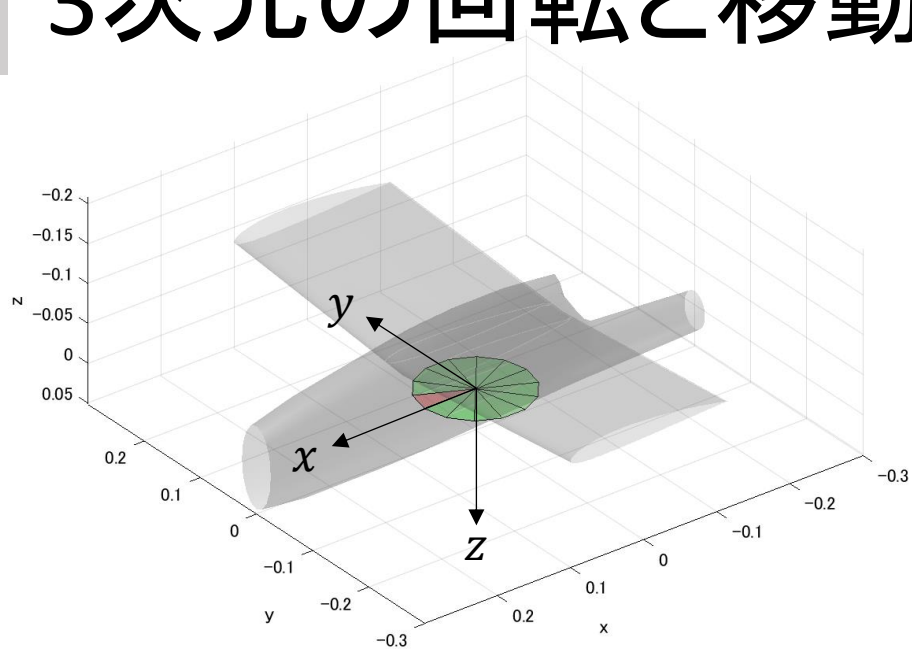




# 3次元の回転と移動(パッチ)



# 3次元の回転と移動(パッチ)



# 3次元の回転と移動(パッチ)

パッチオブジェクトの頂点座標プロパティ

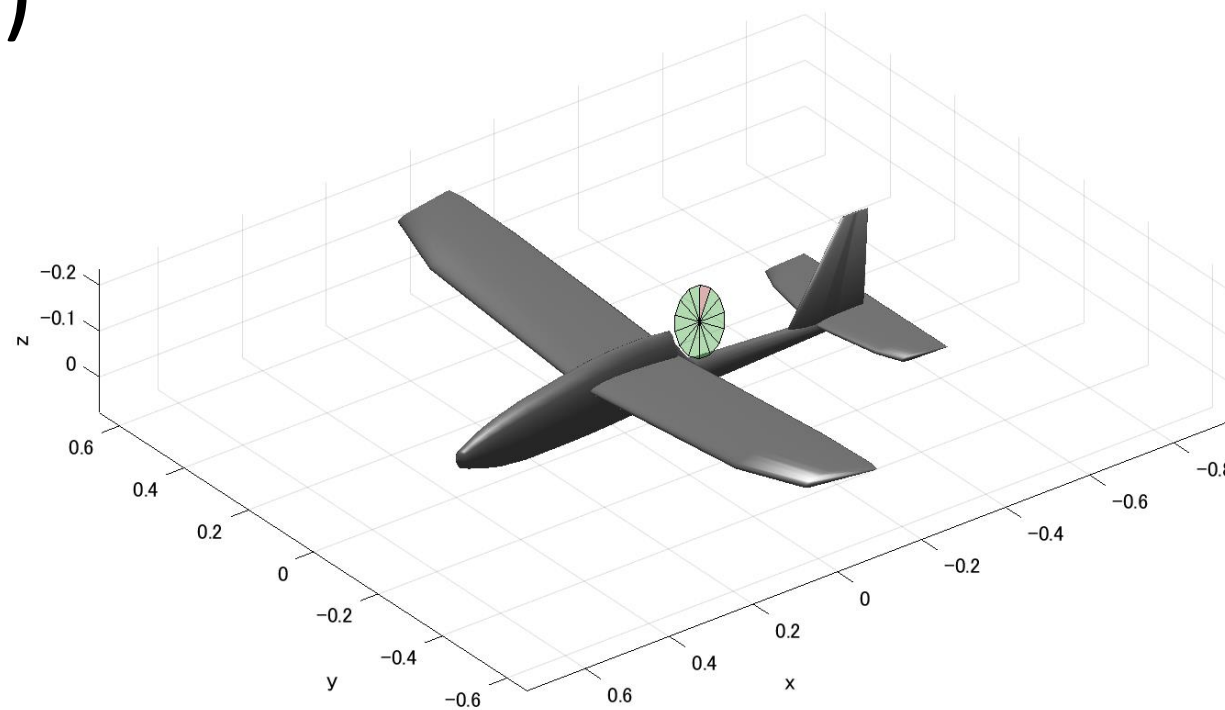
$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{pmatrix}$$

回転と移動(1回目)

$$\mathbf{v}^T = R_0 \mathbf{u}^T + \mathbf{t}_0$$

回転と移動(2回目)

$$\begin{aligned} \mathbf{w}^T &= R \mathbf{v}^T + \mathbf{t} \\ &= R(R_0 \mathbf{u}^T + \mathbf{t}_0) + \mathbf{t} \end{aligned}$$



# 3次元の回転と移動(パッチ)

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{p}' = \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ p_z \\ 1 \end{pmatrix}$$

回転行列

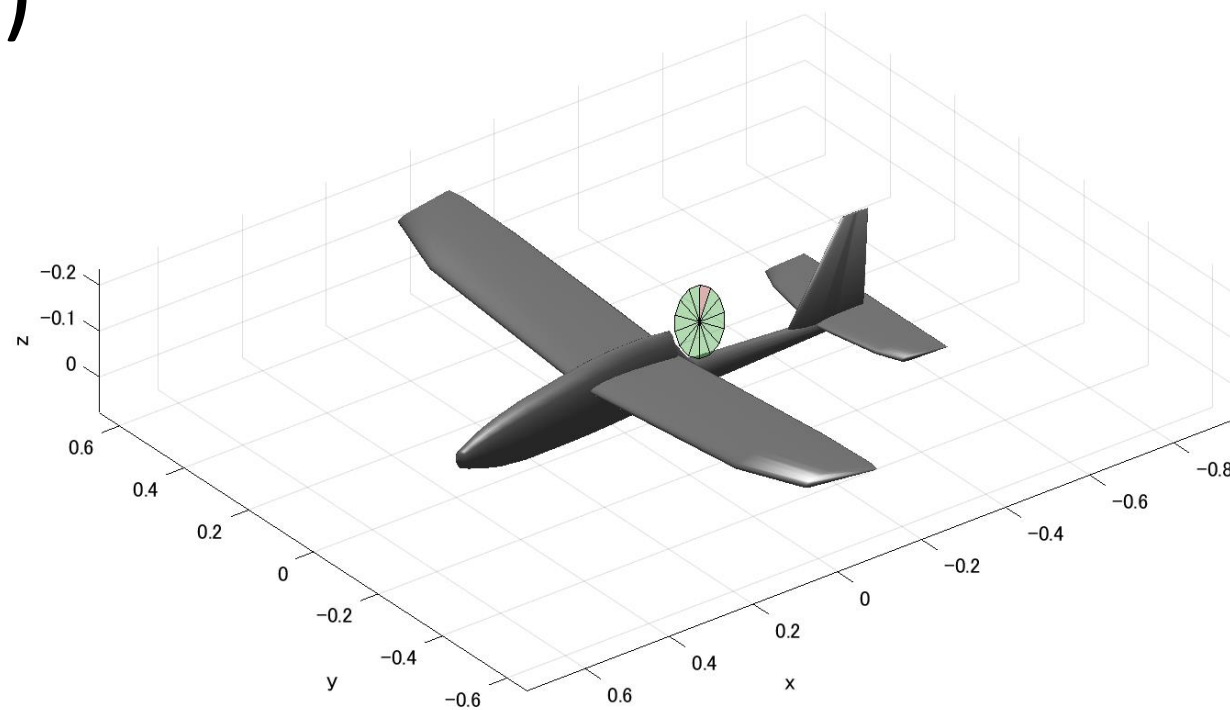
$$R' = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & 0 \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & 0 \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

平行移動行列

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \mathbf{t} = \begin{pmatrix} t_x \\ t_y \\ t_z \end{pmatrix}$$

同次変換行列

$$H = \begin{pmatrix} R & \mathbf{t} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & t_x \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & t_y \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



$$\mathbf{q}' = H\mathbf{p}'$$

$$\mathbf{q}' = \begin{pmatrix} \mathbf{q} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_x \\ q_y \\ q_z \\ 1 \end{pmatrix}$$

# 3次元の回転と移動(パッチ)

パッチオブジェクトの頂点座標プロパティ

$$\mathbf{u} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 \\ x_2 & y_2 & z_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n \end{pmatrix} \rightarrow \mathbf{u}' = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_n & y_n & z_n & 1 \end{pmatrix}$$

同次変換行列

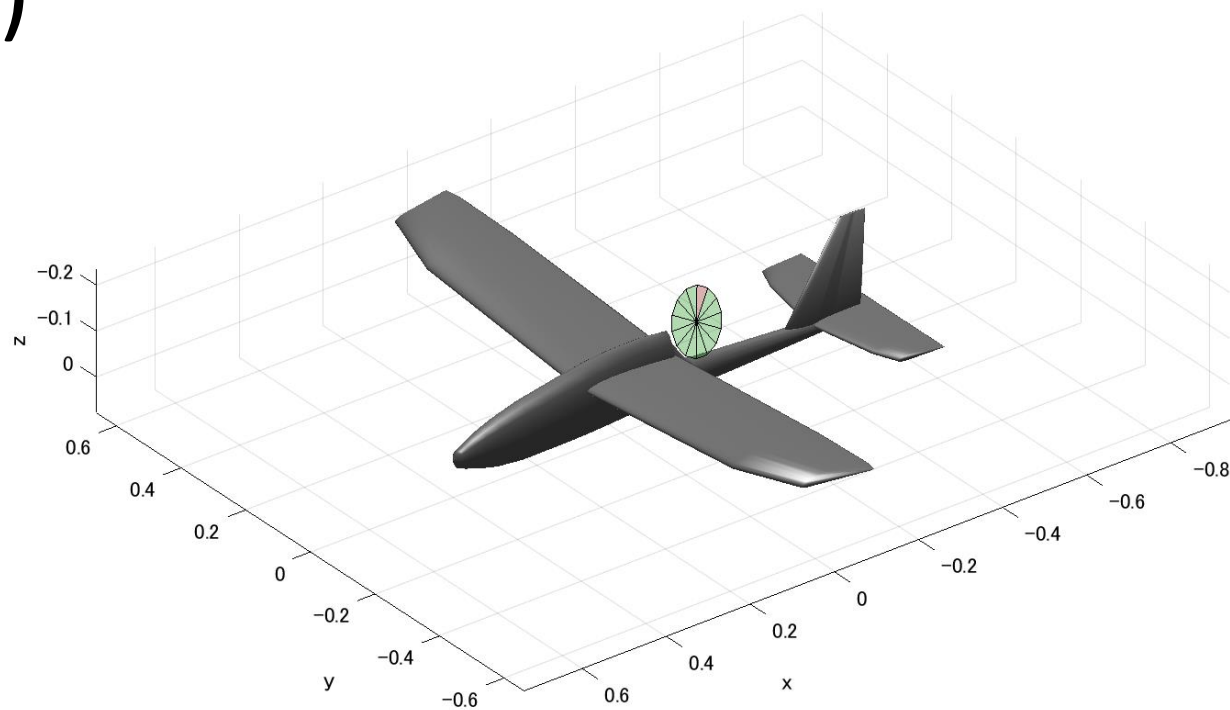
$$H = \begin{pmatrix} R & \mathbf{t} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} & t_x \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} & t_y \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

回転と移動(1回目)

$$\mathbf{v}'^T = H_0 \mathbf{u}'^T$$

回転と移動(2回目)

$$\begin{aligned} \mathbf{w}'^T &= H \mathbf{v}'^T \\ &= H H_0 \mathbf{u}'^T \end{aligned}$$



# 2次元の回転と移動(点)

$$\mathbf{p} = \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ 1 \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} p_x \\ p_y \\ 1 \end{pmatrix}$$

回転行列

$$R_z = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

平行移動行列

$$T = \begin{pmatrix} 1 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

同次変換行列

$$H = \begin{pmatrix} R_z & \mathbf{t} \\ \mathbf{0}^T & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \theta & -\sin \theta & t_x \\ \sin \theta & \cos \theta & t_y \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

