

1 実行方法

1.1 動作環境

Linux のディストリビューションのひとつである Ubuntu で動作を確認している。Ubuntu で動作させるための必要なアプリケーションは以下の通りである。

```
1 sudo apt-get install build-essential
2 sudo apt-get install cmake
3 sudo apt-get install gnuplot
```

コンパイル時に必要なビルドシステムは build-essential と cmake が必要であり、可視化のために gnuplot を用いている。

Visual Studio でのコンパイルも可能であるが、その場合 Struct.h の最初の記述を変更する。

```
4 #define _CRT_SECURE_NO_DEPRECATE
5 #include <stdio.h>
6 #include <stdlib.h>
7 #define _USE_MATH_DEFINES
8 #include <math.h>
```

またプログラム実行時に gnuplot を用いて自動的に起動した後プロットすることができない。従って Windows を用いて動作を確認する場合はマニュアルで plt ファイルを読み込ませる必要がある。

1.2 ファイル構造

この zip の中のファイル構造を示す。

```
1 .
2 |--- CMakeLists.txt
3 |--- Struct.h
4 |--- document
5 |   |--- document.pdf
6 |--- kadai.h
7 |--- kadai1A.cpp
8 |--- kadai1A.h
9 |--- kadai1B.cpp
10 |--- kadai1B.h
11 |--- main.cpp
12 |--- plot
13 |   |--- initial_point.dat
```

initial_point.dat は矢印を表す各点の初期位置が格納されたデータである。

1.3 コンパイル方法と実行方法

```
1 mkdir build
2 cd build
3 cmake ..
4 make
5 ./実行ファイル名
```

2 課題内容

2.1 課題 1

2.1.1 (a)

X_0 軸周り, Y_0 軸周り, Z_0 軸周り, の順番に回転する計算方法は以下の通りであり, 処理結果の図形を Fig. 1 に示す.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 45^\circ & -\sin 45^\circ & 0 \\ 0 & \sin 45^\circ & \cos 45^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 60^\circ & 0 & \sin 60^\circ & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin 60^\circ & 0 & \cos 60^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 150^\circ & -\sin 150^\circ & 0 & 0 \\ \sin 150^\circ & \cos 150^\circ & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

2.1.2 (b)

Y_0 軸周り, Z_0 軸周り, X_0 軸周り, の順番に回転する計算方法は以下の通りであり, 処理結果の図形を Fig. 2 に示す.

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 60^\circ & 0 & \sin 60^\circ & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin 60^\circ & 0 & \cos 60^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos 150^\circ & -\sin 150^\circ & 0 & 0 \\ \sin 150^\circ & \cos 150^\circ & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \\ z_1 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} x_3 \\ y_3 \\ z_3 \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos 45^\circ & -\sin 45^\circ & 0 \\ 0 & \sin 45^\circ & \cos 45^\circ & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_2 \\ y_2 \\ z_2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

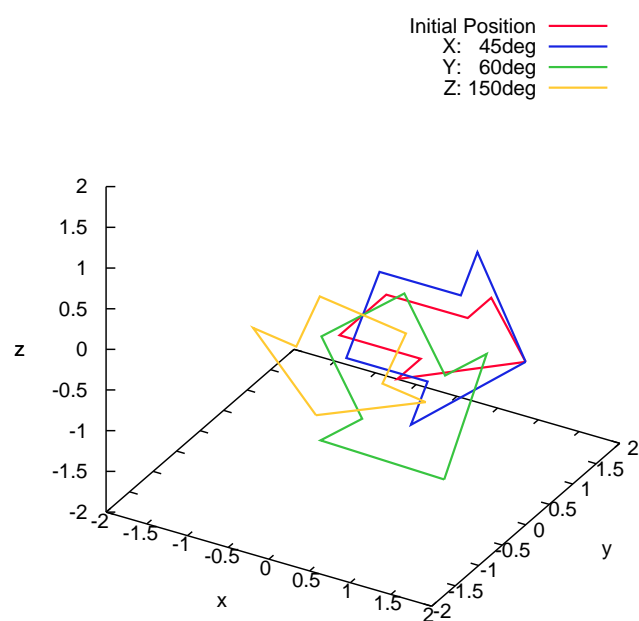


Fig.1 課題 1(a)

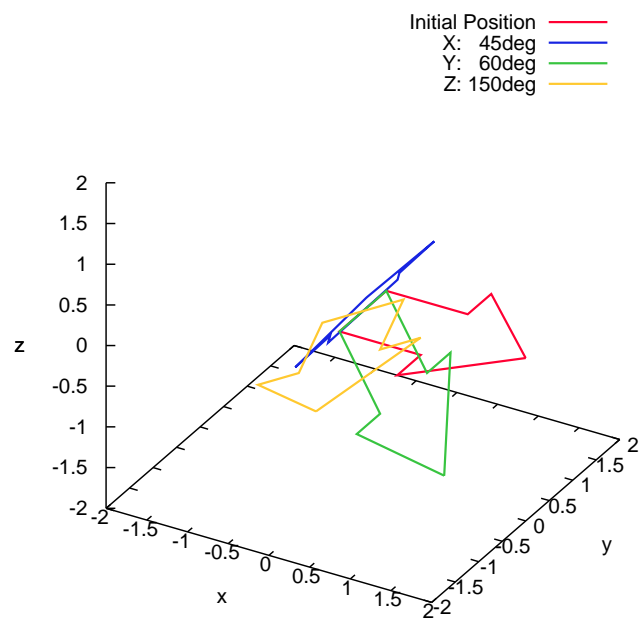


Fig.2 課題 1(b)

2.2 課題 2

任意の原点位置と任意の軸方向を持つ「右手」座標系 $O_1X_1Y_1Z_1$ を求める．まず乱数によって任意の原点位置 (x, y, z) と x 軸の方向を決定する単位ベクトルを求めた．次に y 軸の方向を決める．ただし x 軸と y 軸は常に直角でなければならないので， y 軸の方向ベクトルの x, y 成分は乱数で求めた後，内積の関係を用いて z 成分を決定した． z 軸の方向ベクトルは決定した x 軸と y 軸の外積を求めることで導出した．この結果を Fig. 2 に示す．

2.3 課題 3

課題 3 の計算の概略図を Fig. 4 に示す．Fig. 4 は簡単のため 2 次元平面での導出方法を示しているが，同様の考え方で矢印図形の頂点位置を，座標系 $O_1X_1Y_1Z_1$ における頂点座標値として求めることができる．導出手順は以下の通りである

- (1) まず基準座標系からみた任意の座標 P を決定した任意の座標系に原点 (o_{1x}, o_{1y}, o_{1z}) に向けて平行移動した点として変換する． $P = (x, y, z)$ とすると

$$(x, y, z) - (o_{1x}, o_{1y}, o_{1z}) = (x - o_{1x}, y - o_{1y}, z - o_{1z}) \quad (7)$$

- (2) 式 (8) で求めたベクトルと任意の座標系の軸方向を表す単位ベクトルとの内積を x 軸 y 軸 z 軸それぞれ

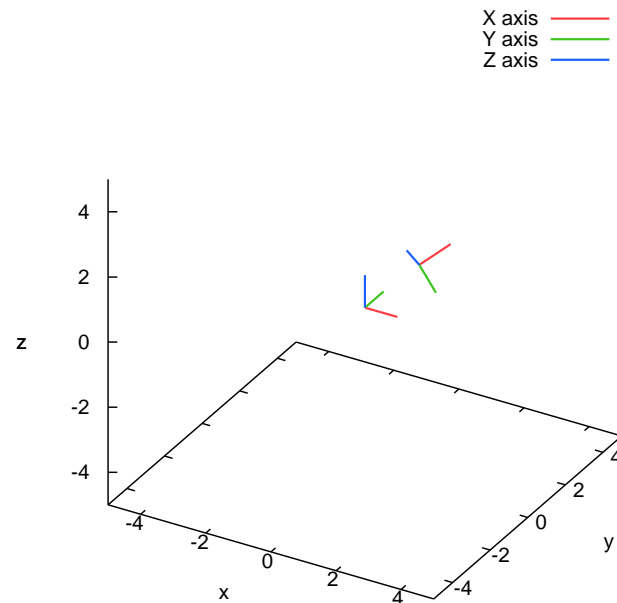


Fig.3 課題 2

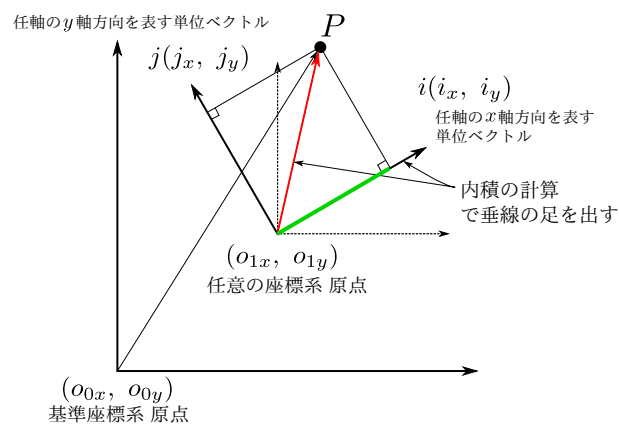


Fig.4 内積による任意の座標系からみた座標値の計算

計算する．下に x 軸での例を示す．

$$(x - o_{1x}, y - o_{1y}, z - o_{1z}) \cdot (i_x, i_y, i_z) = (x - o_{1x})i_x + (y - o_{1y})i_y + (z - o_{1z})i_z \quad (8)$$

- (3) これを矢印を表す座標 8 点それぞれについて計算すると, Fig. 5 となる. 濃緑色で示したプロット値は任意の座標系から見た座標値そのものであるが, その値は基準座標系に合わせてプロットしている.

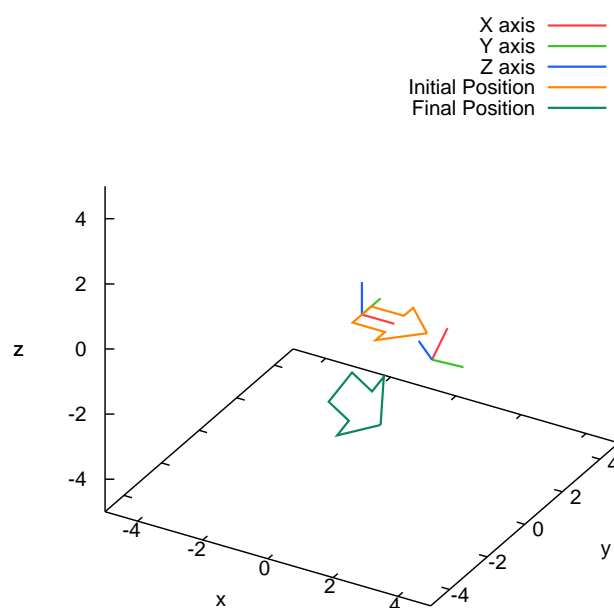


Fig.5 課題 3

2.4 課題 4

座標系 $O_1X_1Y_1Z_1$ を基準座標系 $O_0X_0Y_0Z_0$ に一致させるためには以下の変換行列を定義する.

$$\begin{bmatrix} e_{0x} & e_{1x} & e_{2x} & o_x \\ e_{0y} & e_{1y} & e_{2y} & o_y \\ e_{0z} & e_{1z} & e_{2z} & o_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \quad (9)$$

式 (9) の e_{ix}, e_{iy}, e_{iz} は課題 2 で求めた座標軸方向ベクトルであり, o_x, o_y, o_z は座標系原点の位置ベクトルである. これを座標系 $O_1X_1Y_1Z_1$ の座標値と掛けることで, 基準座標系 $O_0X_0Y_0Z_0$ と一致させることができる.

この結果を Fig. 6 に示す. Fig. 6 より基準座標系 $O_0X_0Y_0Z_0$ に一致させた様子は濃緑色の軸で示している.

2.5 課題 5

課題 3 と課題 4 の解法で導出した矢印を表現する座標値が一致している様子を Fig. 7 に示す. ただし課題 3 での結果を赤色, 課題 4 で求めた変換によって求めた座標値を濃緑色でそれぞれプロットしているがそれぞれの値が一致しているため, 濃緑色の線のみ表示されている.

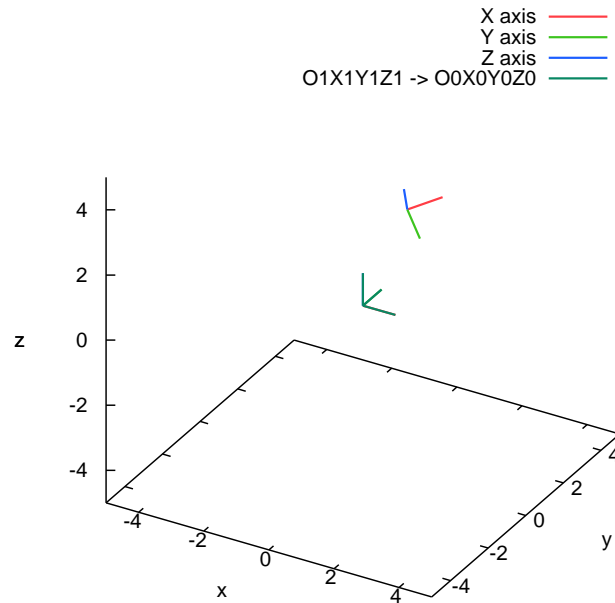


Fig.6 課題 4

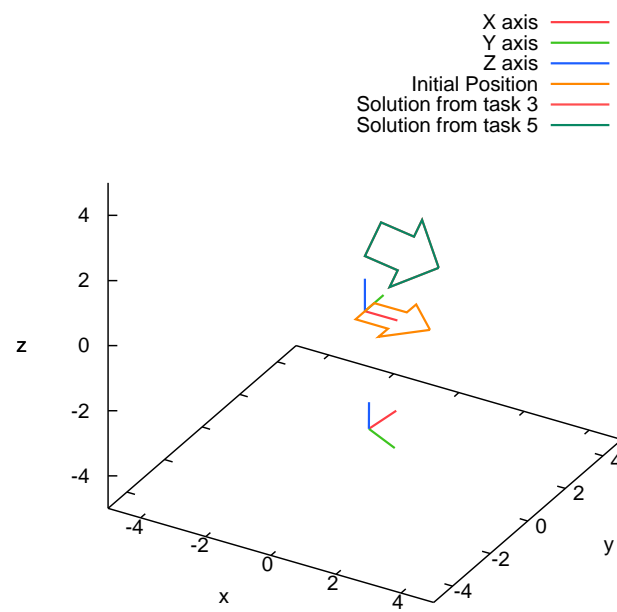


Fig.7 課題 5