

Jによる花のグラフィックスー2 ー朝顔ー

西川 利男

0. はじめに

Jによる花のグラフィックスー2として、今真っ盛りの朝顔をとりあげる。残念ながら、我が家の朝顔は種まきの時期が遅かったのと、手入れがおそまつなので、まだひ弱なつるがやっとからまった程度で花は咲いていない。

戸川先生の「花のCG」*)で、先の「チューリップ」ではただ2次元の図形に色を塗っただけであったのが、今度の「朝顔」では花卉を3次元グラフィックスで描いている。したがって私としては3次元グラフィックスの応用として非常に興味のあるテーマとなった。

*)戸川隼人著「花のCG」、サイエンス社(1988)

1. 朝顔の図形とグラフィックス

朝顔の花のロート形3次元図形は円筒座標 (z, r, θ) で表すのが便利である。しかし、図形の位置座標の計算処理のためには、3次元直交座標 (z, x, y) に変換し、これを実際のコンピュータの画面表示では2次元の透視図として描画する。

具体的には、次のような式になる。

$$x = r(t)\rho \cos\theta$$

$$y = r(t)\rho \sin\theta$$

$$z = z(t)$$

ここで、

$$r(t) = R_0 * (1.03^{-t})$$

$$\rho = 1 + Z_0 * \text{abs}(\sin 2.5\theta)^{0.2}$$

R_0 と Z_0 とはそれぞれ花卉の開口部と高さのパラメータで朝顔の絵に合わせて決められる。

まずこのようにして、朝顔の花弁の基本の3次元図形が出来上がる。

つぎに、この図を元に自然な配置になるよう2種類の回転を行なう。

まず、この図を正面(X-Z面)に据えた上で、Y-Z面上で、X軸の周りに角度 α だけ手前に倒す。

つづいて、X-Z面上でY軸の周りに角度 β だけ半時計方向に回す。

元の図形の座標値 (x, y, z) はこの2回の回転による次のような変換行列により新しい座標値 (X, Y, Z) に変換される。

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\beta & -\sin\beta \sin\alpha & -\sin\beta \cos\alpha \\ 0 & \cos\alpha & -\sin\alpha \\ \sin\beta & \cos\beta \sin\alpha & \cos\beta \cos\alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

なお今の場合には図形の回転なので、座標軸の回転と間違えないように区別すること。

図形を回転するための変換行列

- y-z 座標面上で x 軸の周りに角 α の回転

$$y = r \cos \theta$$

$$z = r \sin \theta$$

$$Y = r \cos(\theta + \alpha)$$

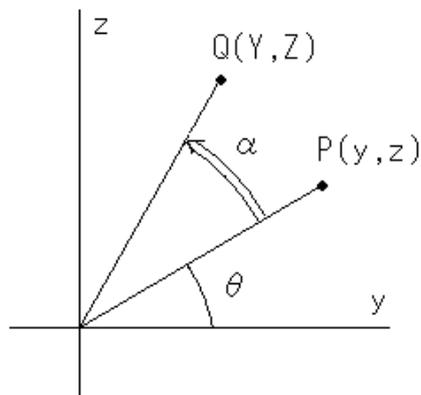
$$= r(\cos \theta \cos \alpha - \sin \theta \sin \alpha)$$

$$= y \cos \alpha - z \sin \alpha$$

$$Z = r \sin(\theta + \alpha)$$

$$= r(\sin \theta \cos \alpha + \cos \theta \sin \alpha)$$

$$= z \cos \alpha + y \sin \alpha$$



したがって

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

- x-z 座標面上で y 軸の周りに角 β の回転

$$X = r' \cos \phi$$

$$Z = r' \sin \phi$$

$$X' = r' \cos(\phi + \beta)$$

$$= r'(\cos \phi \cos \beta - \sin \phi \sin \beta)$$

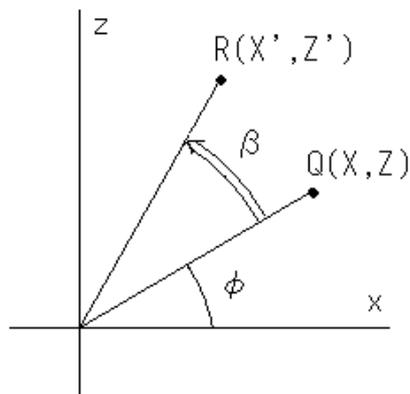
$$= X \cos \beta - Z \sin \beta$$

$$Z' = r' \sin(\phi + \beta)$$

$$= r'(\sin \phi \cos \beta + \cos \phi \sin \beta)$$

$$= Z \cos \beta + X \sin \beta$$

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$



上の
2つ

の回転を順次行なうと、次のようになる。

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \sin \alpha & -\sin \beta \cos \alpha \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \beta & \cos \beta \sin \alpha & \cos \beta \cos \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

ここで、朝顔の花弁の曲面図形をどうやって表示するかが問題となる。戸川先生の有限要素法方式に従い、つまり曲面上の3点を結ぶ小三角形であらわした。

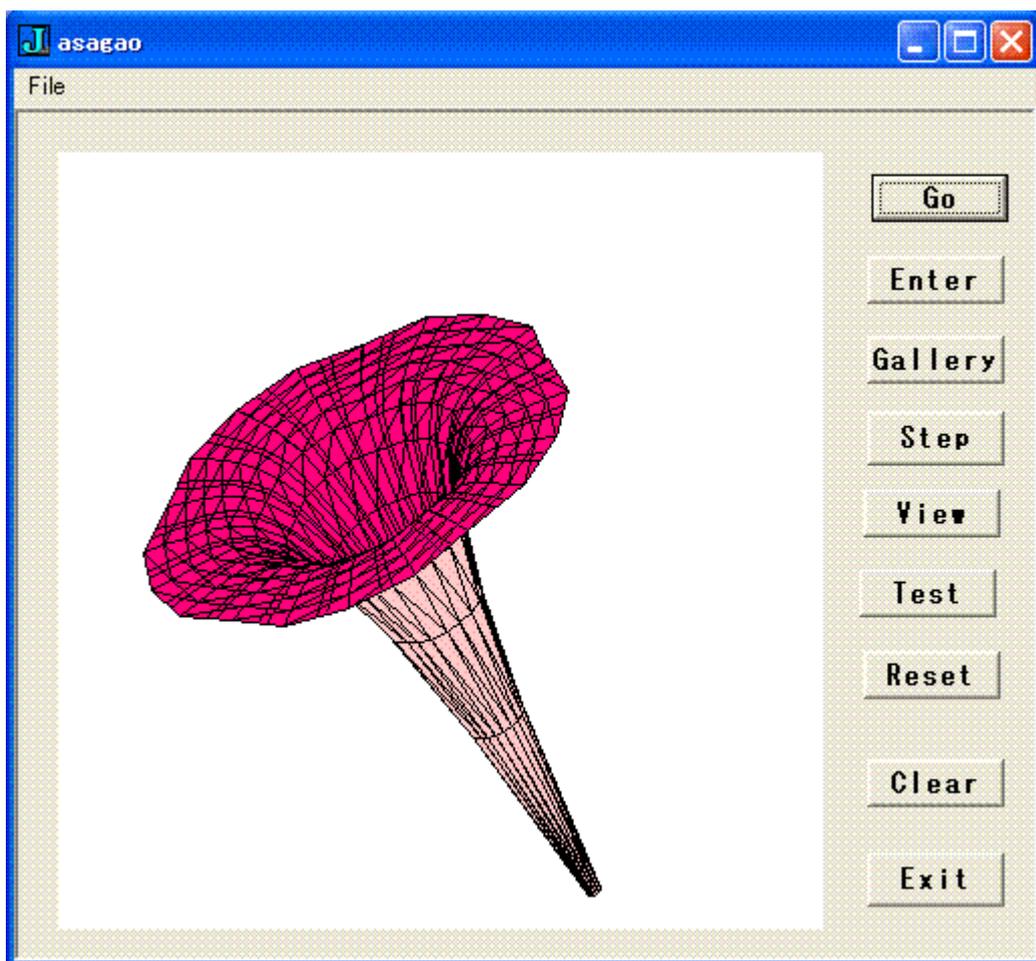
さらに、裏に隠れた部分のいわゆる陰線処理は、後ろの部分を先に、前の部分を後から描くことで処理した。

戸川先生のBASICプログラムは参考にはなったが、Jはまったく異なるプログラミングスタイルのため、グラフィック処理はもちろんのこと、値の計算処理もすべて、新たに別のプログラム作ることとなった。詳細は最後のリスティングを見られたい。

2. 朝顔グラフィックスの実際

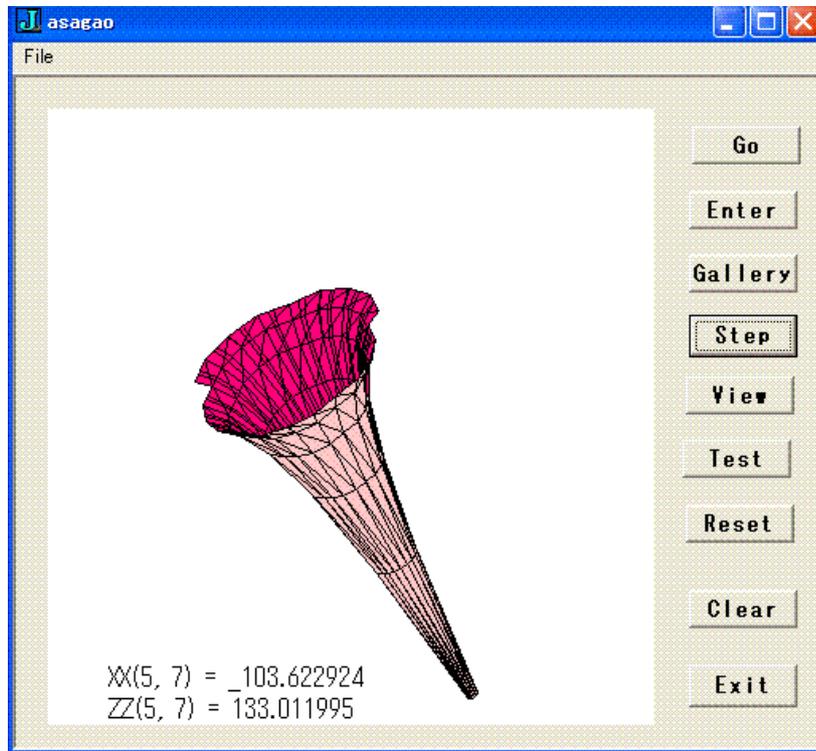
以下に見られるように、Jのg12ウィンドウズにより朝顔グラフィックスを作った。

- ・ボタン[Go]はまず一輪の朝顔を初期位置、大きさで表示する。
- ・ボタン[Enter]では、エディット・ボックスが開いて、サイズ、傾き角 α 、 β が自由に入力変更できる。
- ・ここでボタン[Go]を押すと変更された朝顔が表示される。
- ・あるいは、グラフィック画面の上、任意の位置でマウスの左ボタンを押すと、その位置で朝顔が表示される。
- ・ボタン[Reset]は初期位置、大きさにリセットされる。



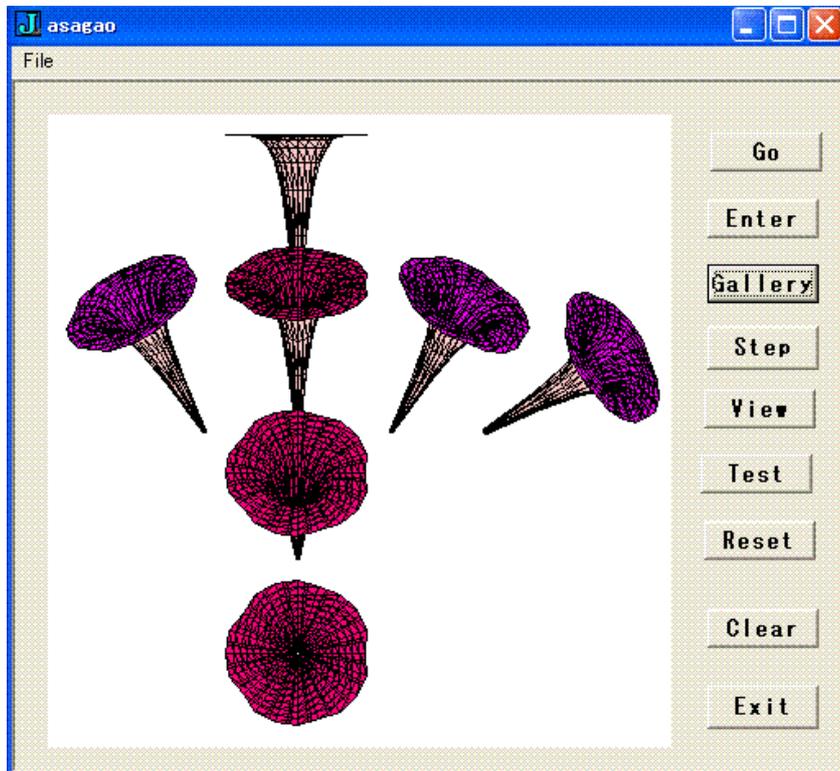
3. 朝顔グラフィックスの1ステップ実行

ボタン[Step]では、途中経過をみるため1ステップずつ実行する。



4. 朝顔の回転パラメータ α 、 β の効果の表示

ボタン[Gallery]では、傾き角 α 、 β の値を変えて比較表示する。



J グラフィックス処理のための配列計算コーディング

適用例: J のグラフィックス g12 命令 gllines などの引数として、配列 X, Y, Z から点ごとの配列 (X0, Y0, Z0), (X1, Y1, Z1), ... を必要とする場合が多い。

配列を Ravel(,) し、Stitch(,) することで得ることができる。

```
X
0 1 2
3 4 5
Y
10 11 12
13 14 15
Z
100 101 102
103 104 105
XYZ =: (, X),. (, Y),. (, Z)
XYZ
0 10 100
1 11 101
2 12 102
3 13 103
4 14 104
5 15 105
XY =: }:"(1) XYZ
XY
0 10
1 11
2 12
3 13
4 14
5 15
XZ =: }."(1) XYZ
XZ
10 100
11 101
12 102
13 103
14 104
15 105
YZ =: ({. , {:)"(1) XYZ
YZ
0 100
1 101
2 102
3 103
4 104
5 105
```


朝顔グラフィックス-Jプログラム・リスト

NB. asagaoN.ijs

NB. 2009/7/13, 7/15

NB. rotation revised by T. N.

require 'trig'

MM =: 10 NB. Z-direction

NN =: 20 NB. XY-circular periphery

PI =: 3.1416

ZMIN =: 0

ZMAX =: 180

POW =: 5

CONST =: (ZMAX-ZMIN)%MM^POW

ZO =: ZMAX-CONST*((i.>:MM)^POW)

T =: 2*PI*(i.>:NN)%NN

RHO =: 1 + 0.07*(|sin (2.5*T)|)^0.2

RCT =: RHO*cos T

RST =: RHO*sin T

RZERO =: 70

R =: RZERO*(1.03-(i.>:MM)%MM)

XL =: R */ RCT

YL =: R */ RST

ZL =: (\$XL)\$(({: \$XL)#ZO)

NB. make flower

NB. makeflower ALPHO, BETA0 => XX, ZZ

makeflower =: 3 : 0

'ALPHA BETA' =. y.

LX =: - cos BETA

MX =: (sin BETA) * (sin ALPHA)

NX =: - (sin BETA) * (cos ALPHA)

LY =: 0

MY =: cos ALPHA

NY =: sin ALPHA

LZ =: - sin BETA

MZ =: - (cos BETA) * (sin ALPHA)

NZ =: (cos BETA) * (cos ALPHA)

XX =: (LX*XL) + (MX*YL) + (NX*ZL)

XX =: XX, "(1 0) {. "(1) XX

```

XX =: |. XX
YY =: (LY*XL) + (MY*YL) + (NY*ZL)
ZZ =: (LZ*XL) + (MZ*YL) + (NZ*ZL)
ZZ =: ZZ, "(1 0) {."(1) ZZ
ZZ =: |. ZZ
)

```

```
require 'gl2'
```

```

ASAGAO=: 0 : 0
pc asagao;
menupop "File";
menu new "&New" "" "" "";
menu open "&Open" "" "" "";
menusep ;
menu exit "&Exit" "" "" "";
menupopz;
xywh 211 67 34 12;cc step button;cn "Step";
xywh 211 165 34 12;cc cancel button;cn "Exit";
xywh 10 9 190 173;cc asag isigraph;
xywh 212 14 34 11;cc Go button;
xywh 211 32 34 11;cc Enter button;
xywh 211 144 34 11;cc Clear button;
xywh 211 50 34 11;cc Gallery button;
xywh 210 120 34 11;cc Reset button;
xywh 209 102 34 11;cc Test button;
xywh 210 84 34 11;cc View button;
pas 6 6;pcenter;
rem form end;
)

```

```

run=: asagao_run
asagao_run=: 3 : 0
wd ASAGAO
NB. initialize form here
wd 'pshow;'
asagao_Reset_button ''
)

```

```

asagao_close=: 3 : 0
wd'pclose'
)
asagao_cancel_button=: 3 : 0
asagao_close''

```

```

)

asagao_Clear_button=: 3 : 0
glclear ''
)

NB. e.g. display_asagao 0 2
display_asagao=: 3 : 0
:
'I J' =. y.
SZZ =. x.
makeflower ALPHA0, BETA0
XA =. (<I, J){XX
XB =. (<I, J+1){XX
XC =. (<(I+1), J){XX
XD =. (<(I+1), (J+1)){XX
ZA =. (<I, J){ZZ
ZB =. (<I, J+1){ZZ
ZC =. (<(I+1), J){ZZ
ZD =. (<(I+1), (J+1)){ZZ
'XA XB XC XD' =. XF + SZZ* XA, XB, XC, XD
'ZA ZB ZC ZD' =. ZF + SZZ* ZA, ZB, ZC, ZD
VP =. ((XB-XA)*(ZC-ZA))-((XC-XA)*(ZB-ZA))
if. VP > 0
do.
    glrgb COLA
    glbrush ''
    glpolygon XA, ZA, XB, ZB, XC, ZC, XA, ZA
    glpolygon XD, ZD, XB, ZB, XC, ZC, XD, ZD
else.
    glrgb COLB
    glbrush ''
    glpolygon XA, ZA, XB, ZB, XC, ZC, XA, ZA
    glpolygon XD, ZD, XB, ZB, XC, ZC, XD, ZD
    DP =. % >:i. 3
    DQ =. 1 - DP
    DXA =. (DP*XA) + (DQ*XB)
    DXB =. (DP*XC) + (DQ*XD)
    DZA =. (DP*ZA) + (DQ*ZB)
    DZB =. (DP*ZC) + (DQ*ZD)
    XZA =. DXA, .DZA
    XZB =. DXB, .DZB
    glrgb COLB
    gllines L:0 <"(1) XZA,"(1) XZB
end.

```

```

glshow ''
)

N=: 0
asagao_step_button=: 3 : 0
NN1 =. >: NN
'I J' =. (NN1, NN1)#: N
SZ display_asagao I, J
gltextxy 100, 100
gltext 'XX(', (':I),', ', (':J),') = ', (':(<I, J){XX)
gltextxy 100, 50
gltext 'ZZ(', (':I),', ', (':J),') = ', (':(<I, J){ZZ)
glshow ''
N =: N + 1
)

asagao_Go_button=: 3 : 0
K =. 0
NN1 =. >: NN
while. K < (MM*NN1)
do.
'I J' =. (NN1, NN1)#: K
SZ display_asagao I, J
K =. K + 1
end.
)

asagao_Enter_button=: 3 : 0
wd 'pc editbox;'
wd 'xywh 2 11 90 8;cc s0 static;cn "Size, Alpha, Beta?";'
wd 'xywh 100 10 100 10;cc e0 edit ws_border;'
wd 'setfocus e0;'
wd 'pas 8 8;pcenter;pshow;wait;'
wd 'pclose;'
DA =. wd 'q;'
'SZ AL BE' =: ". , >((<'e0') = 0{"(1) DA) # (i.#DA) { 1{"(1) DA
ALPHA0 =: PI*AL%7
BETA0 =: PI%BE
)

asagao_asag_mbltdown=: 3 : 0
d=. ". sysdata
x=. (0{d) * 1000 % (2{d)
y=. (1{d) * 1000 % (3{d)
gltextalign TA_BOTTOM

```

```

gltext (":<.x), ', ', (":<.y)
'XF ZF' =: x, y
SZ =. 2
COLA =: 255, 125, 125
COLB =: 255, 0, 125
asagao_Go_button ''
)

```

```

asagao_Gallery_button=: 3 : 0
COLA =: 255, 200, 200 [COLB =: 255, 0, 125
asagao_Go_button '' [XF =: 400 [ZF =: 700 [SZ =: 1.5 [ALPHA0 =: PI [BETA0 =:
PI
asagao_Go_button '' [XF =: 400 [ZF =: 500 [SZ =: 1.5 [ALPHA0 =: 5r6*PI [BETA0
=: PI
asagao_Go_button '' [XF =: 400 [ZF =: 300 [SZ =: 1.5 [ALPHA0 =: 4r6*PI [BETA0
=: PI
asagao_Go_button '' [XF =: 400 [ZF =: 150 [SZ =: 1.5 [ALPHA0 =: 3r6*PI [BETA0
=: PI
COLA =: 255, 200, 200 [ COLB =: 255, 0, 255
asagao_Go_button '' [XF =: 250 [ZF =: 500 [SZ =: 1.5 [ALPHA0 =: 5r6*PI [BETA0
=: 7r6*PI
asagao_Go_button '' [XF =: 550 [ZF =: 500 [SZ =: 1.5 [ALPHA0 =: 5r6*PI [BETA0
=: 5r6*PI
asagao_Go_button '' [XF =: 700 [ZF =: 500 [SZ =: 1.5 [ALPHA0 =: 5r6*PI [BETA0
=: 4r6*PI
)

```

```

asagao_Reset_button=: 3 : 0
COLA =: 255, 200, 200
COLB =: 255, 0, 125
XF =: 700
ZF =: 50
SZ =: 4
ALPHA0 =: 5r6*PI
BETA0 =: 7r6*PI
glclear ''
)

```