JAPLA 研究会資料 2014/3/15

J-OpenGL によるベジエ(Bezier)グラフィックスーその２
立体空間内で滑らかな曲面を描く

西川　利男

１．ベジエ(Bezier)グラフィックスと J-OpenGL

J-OpenGL とベジエ(Bezier)グラフィックスの考え方と基本の技術として平面上で滑らかな曲線を描くプログラミングについては別項[1]で述べた。

ここでは、立体空間内で滑らかな曲面を描くプログラミングを扱う。
Jのシステム内には、前と同様、デモとプログラムが載せられている。

J4　では　[Studio]-[Demos]-[OpenGL Lab Demo]-[gldemo]-[surface]
J6　では　[Studio]-[Demos]-[OpenGL simple]-[surface]

実は、このデモ・プログラムは OpenGL の実際上の標準規格書であり、文法書でもある文献[3]「OpenGL プログラミングガイド」の p.448-449 のプログラム例の同じデータを使ったものである。文献は C 言語のコーディングであるが、J-[Studio]はもちろん J のコードで書かれているので、OpenGL のコマンドをそれぞれ比較されたらよい。

ここでは、文献[2]の C のプログラム例を参考に、私なりに J でわかり易く、機能をいくつか追加したプログラムで説明する。

２．OpenGL でのベジエ処理処理

ベジエ(Bezier)の計算の原理は、別項[1]で述べたが、実際上は J-OpenGL で行う限り、J であらわに計算する必要はない。OpenGL のコマンドとして備えられているので、その仕様に合わせたデータを用意するだけである。ただ、この仕様が仲々ややこしい。

最初に用意する頂点の値を制御値(Control Value)という。頂点の個数の(X, Y, Z)の値が必要である。

そして最終的に滑らかな曲線や曲面を描く頂点の座標値を評価値(Evaluate Value)と言う。そのための計算がベジエ(Bezier)の計算であり、そのプログラムルーチンは評価関数、エバリュータ(Evaluator)と呼ぶ。

大切なポイントはベジエ(Bezier)処理の内挿かつ近似とは、評価値の最初と最後の点だけは元となる制御値の点を通るが、評価値の途中の点は制御値の点は通らない。制御値からのばらつきが全体として最小になるような値となる。つまり、これが滑らかな曲線や曲面になるのである。この点はスプライン近似などとは異なる。

なお、これとは別の処理に NURBS(Non-Uniform Rational B-Spline)法があるが、これも OpenGL でサポートされている。

[1] 西川利男「J-OpenGL によるベジエ(Bezier)グラフィックスーその１
平面上で滑らかな曲線を描く」JAPLA 研究会資料　20014/3/15
[2] 酒井幸市「OpenGL でつくる３次元ＣＧとアニメーション」森北出版(2008).
[3] M. Woo, J. Neider, T. Davis「OpenGL プログラミングガイド第２版」
アジソン・ウェスレイ(1997).

３．J-OpenGL のプログラム

プログラムは次のような構成になっている。

```
OpenGL 機能の取り込み（J4 の場合）
            require 'gl3'
OpenGL 機能の取り込み（J6 の場合）
            require 'jzopengl'
            coinsert 'jgl3'
ウィンドウ・フォームの作成  A
プログラムの起動  a_run
  OpenGL の取り込み（J4 の場合）glaRC''
  OpenGL の取り込み（J6 の場合）ogl=: ''conew'jzopengl'
            インスタンス ogl として行う
画面の大きさや投影法の設定       a_size
文字コマンド       a_char
画像の描画         a_paint
  ベジエの計算、描画など
```

４．ベジエ処理の J のプログラム

ベジエの計算、描画などの J のプログラムは画像の描画 a_paint の中で書かれる。

４．１　制御値の設定

「ちょっと凹んだ亀の甲羅」をイメージしてもらいたい。

4 x 4 ＝ 16 点の(X, Y, Z)の値を最初の制御値とした。

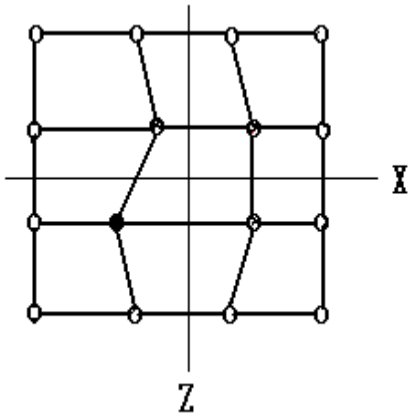
これは、出来るだけ簡単で、特徴が現れる図形パターンの値を、文献[2] p.49 の値を元に手直しして作ったものある。

```
VPO =: noun define  NB. plane = X-Z frame, height = Y-axis
_1    0    1
_0.3  0    1
 0.3  0    1
 1    0    1

_1    0    0.3
_0.3 _1.3  0.3
 0.3  1    0.3
 1    0    0.3

_1    0   _0.3
_0.3  1.3 _0.3
 0.3  1.3 _0.3
 1    0   _0.3

_1    0   _1
_0.3  0   _1
 0.3  0   _1
 1    0   _1
)
```



X-Z 面を上方 Y 方向から見下ろすと白い点は X-Z 面上に乗っかっていて、黒い点は X-Z 面より下にあり、灰色の点は X-Z 面の上方にある

OpenGL の座標系は、X 軸は右手を向き、Y 軸は上向きで、Z 軸は手前を正方向とする右手系である。上の制御値の頂点データは、X-Z 面上の４角の縁のワクの中で３点は山となり、１点だけ谷として、「ちょっと凹んだ亀の甲羅」となっている。

４．２　J-OpenGL のベジエ操作プログラム

以下がベジエ操作のプログラムであるが、コメントとともにポイント部分を説明する。

```
surface=:verb define
x=. y.,
x=. ', ((x=LF)#i.#x)} x                          NB. 文字列データを値へ
points=: SIZE * ".x
```

```
glClearColor 1 1 1 1
glClear GL_COLOR_BUFFER_BIT + GL_DEPTH_BUFFER_BIT
glColor 0 0 0 1                                    NB. 色は黒
glMatrixMode GL_MODELVIEW
glLoadIdentity''
glMap2 GL_MAP2_VERTEX_3,0 1 3 4 0 1 12 4,points    NB. 以下に説明
glEnable GL_MAP2_VERTEX_3                          NB. 以下に説明
glEnable GL_AUTO_NORMAL
glMapGrid2 STEPS,0 1,STEPS,0 1                     NB. STEPS による粗密
glEnable GL_DEPTH_TEST
glShadeModel GL_FLAT
glRotate R ,. 3 3 $ 1 0 0 0
glEvalMesh2 (FILL{GL_LINE,GL_FILL),0,STEPS,0,STEPS
)
```

最もベジエの設定をおこなう大切なコマンドで、引数は次の意味をもっている。

```
glMap2 target,                  target は GL_MAP2_VERTEX と指定する
       u1, u2, ustride, uorder  u1=0 から u2 =1 の範囲、
                                ustride=3 X, Y, Z の３つの値、
                                uorder=4  4つの点
       v1, v2, vstride, vorder  v1=0 から v2 =1 の範囲
                                vstride=12 全体では 3x4=12 個の値
                                vorder=4  4次の配列
       points                   制御点の座標値
```

以上の設定で、次のようになる。

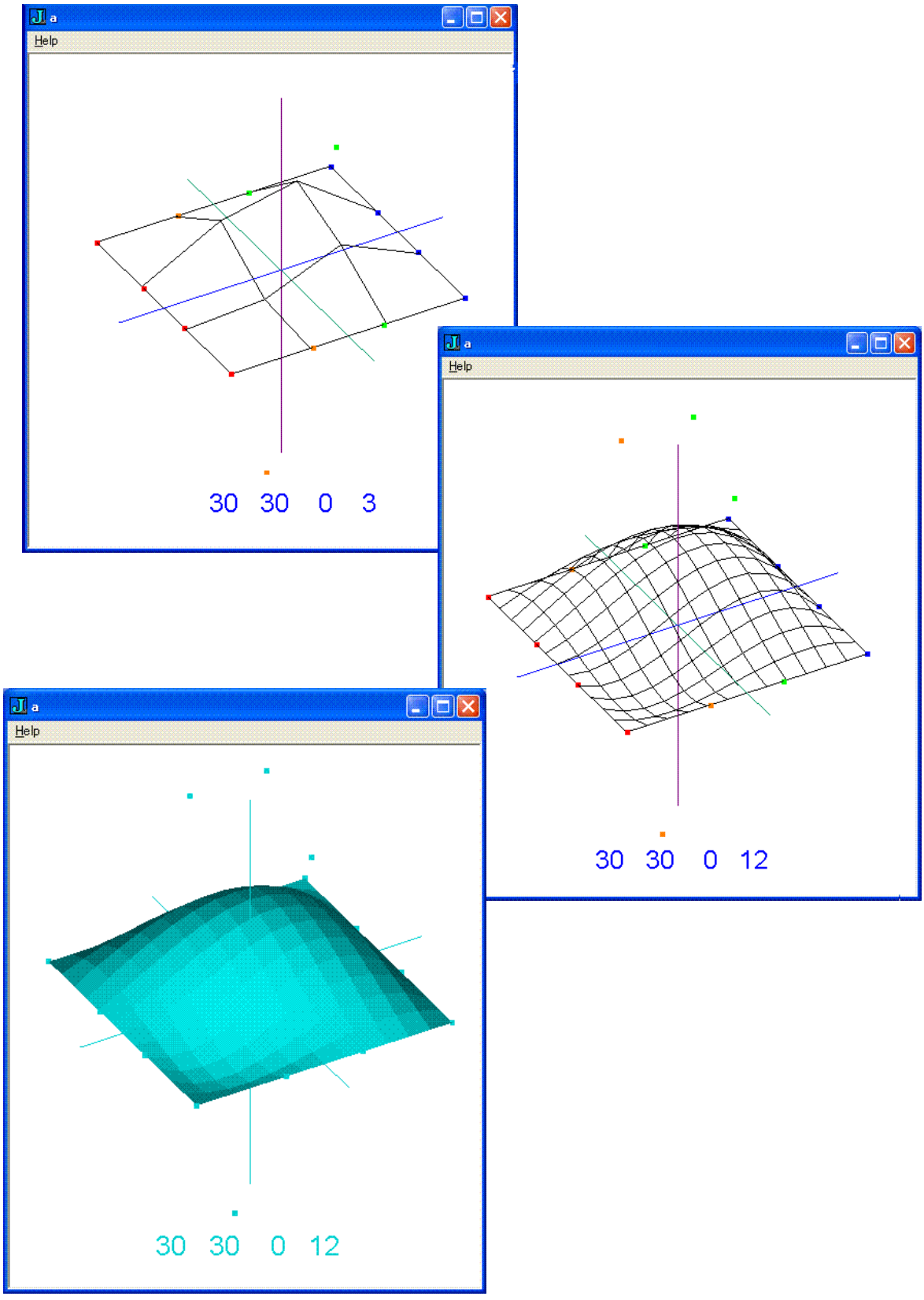
```
glMap2 GL_MAP2_VERTEX_3,0 1 3 4 0 1 12 4,points
```

次のコマンドにより target に対してベジエの計算処理を実行する。

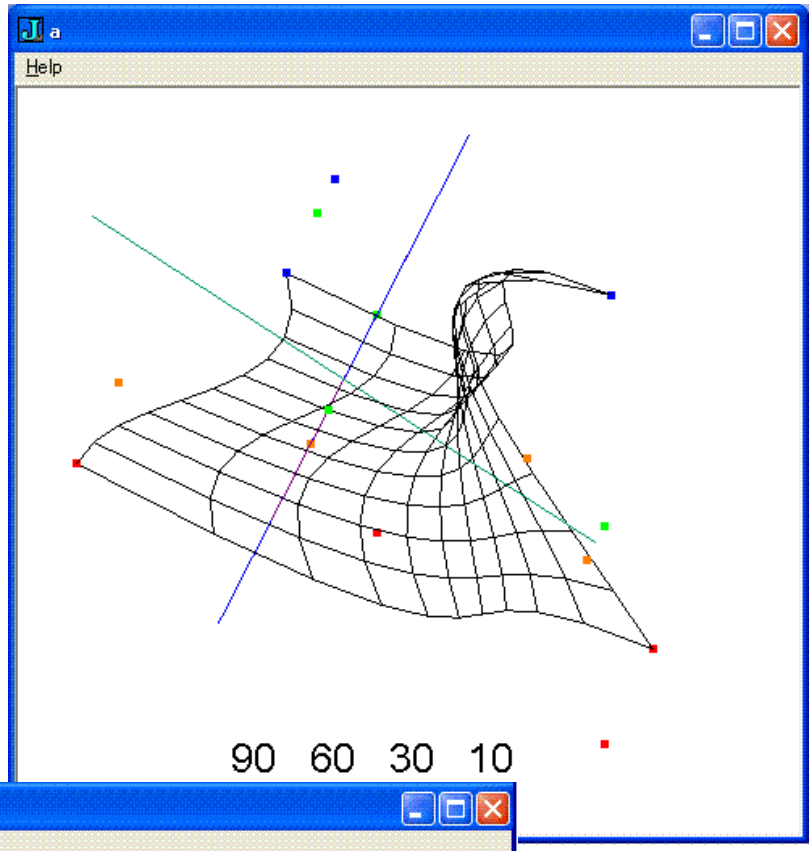
```
glEnable GL_MAP2_VERTEX_3
```

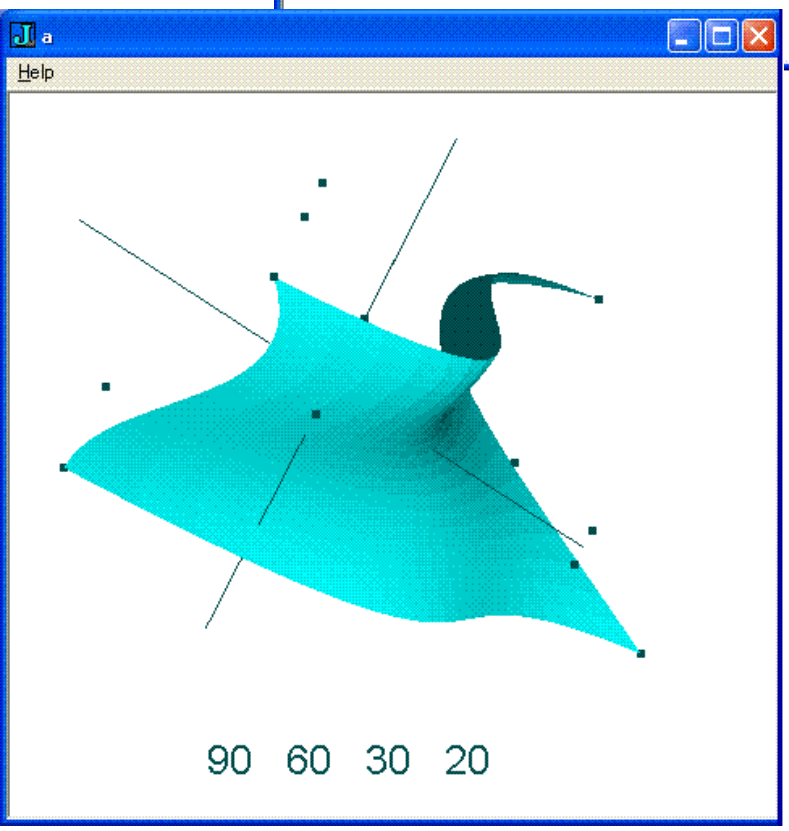
作成した動詞 plotctrlpt では各制御点の位置を色分けしてプロットで示した。なお、いくつか追加の機能のために動詞を定義したが、リスティングを見ていただきたい。

5．プログラムの実際



6．J-Studio-Demo のデータによる実行





```
NB. OpGLN_Bezier2.ijs
NB. imported from opengl¥opgl_surface.ijs
NB. imported from Bessel.ijs

SIZE =: 1

require 'gl3'

A=: noun define
pc a closeok;
menupop "&Help";
menu help "&Help" "" "" "";
menupopz;
xywh 0 0 300 300;cc g isigraph ws_clipchildren ws_clipsiblings rightmove
bottommove;
pas 0 0;
rem form end;
)

NB. run 0 => JOB = 0, VP1, plane = X-Z frame, height = Z-axis
NB. run 1 => JOB = 1, VP0, plane = X-Y frame, height = Y-axis
NB. run 2 => OpenGLプログラミングガイド p.448, J-Studio/Demo/surface と同じ
NB. key command s => fine, a = > coarse
run =: a_run
a_run=: verb define
wd A
JOB =: y.
if. 0 = # JOB do. JOB =: 0 end.
SEL =: 0    NB. opgl_light, SEL =: 1 nmap
NB. R =: 85 60 0
R =: 0 0 0
SIZE =: 1
glaRC''
FILL =: 0
STEPS =:4
if. (JOB = 0) +. (JOB = 1) do. STEP =: 3 end.
glaFont 'arial 30'
glaUseFontBitmaps 0 32 26 32
wd 'pshow;ptop'
)

a_g_char =: verb define
k=.0{sysdata
R =: 360 | R + 5 * 'xyz' = k
R =: 360 | R - 5 * 'XYZ' = k
SIZE =: ('l'=k) { SIZE, 1.5*SIZE
STEPS =: 100 <. STEPS + 's' = k
STEPS =: 0 >. STEPS - 'a' = k
FILL =: ('f'=k) { FILL,-.FILL
JOB =: ('j'=k) { JOB, 1+JOB
SEL =: ('n'=k) { SEL,-.SEL
glpaintx''
)

a_g_size=:verb define
wh=.glqwh''
glViewport 0 0,wh
glMatrixMode GL_PROJECTION
glLoadIdentity''
```

```
NB. glOrtho _5 5,(_5 5*%%/wh), _5 5
glOrtho _5 5, _5 5, _5 5
return.
if. </wh do.
 glOrtho _5 5,(_5 5*%%/wh), _5 5
else.
 glOrtho (_5 5*%/wh), _5 5 _5 5
end.
)

a_g_paint =: verb define
NB. nmap VP1
NB. testmap nmap VP1
NB. test VJ
if. SEL = 0
 do.
  light''
  select. JOB
    case. 0  do. surface VP1
                 plotctrlpt VP1
    case. 1  do. surface VP0
                 plotctrlpt VP0
    case. 2  do. surface b2dpts
                 plotctrlpt b2dpts
  end.
end.
drawtext ''
glaSwapBuffers ''
)

plotctrlpt =: 3 : 0
x =. y.
points =. > char_to_val x
CTRLV =. points
NB. CTRLV =. 16 3$points
CTRLC =. 1 0 0 1;1 0.5 0 1;0 1 0 1;0 0 1 1
glPointSize 5
i =. 0
while. i < 16
  do.
    glBegin GL_POINTS
      glColor > (4|i){CTRLC
      glVertex  i{CTRLV
    glEnd''
  i =. i + 1
end.

glPointSize 1
glColor 0 0 1 1
glBegin GL_LINES
  glVertex  3 0 0
  glVertex _3 0 0
glEnd ''
glColor 0.5 0 0.5 1
glBegin GL_LINES
  glVertex 0  3 0
  glVertex 0 _3 0
glEnd ''
glColor 0 0.6 0.4 1
```

```
glBegin GL_LINES
  glVertex 0 0  3
  glVertex 0 0 _3
glEnd ''

)


NB. OpenGL プログラミングガイド p.448
NB. J Studio Demo / OpGL surface と同じデータ
b2dpts=: noun define
_1.5 _1.5  4
_0.5 _1.5  2
 0.5 _1.5 _1
 1.5 _1.5  2
_1.5 _0.5  1
_0.5 _0.5  3
 0.5 _0.5  0
 1.5 _0.5 _1
_1.5  0.5  4
_0.5  0.5  0
 0.5  0.5  3
 1.5  0.5  4
_1.5  1.5 _2
_0.5  1.5 _2
 0.5  1.5  0
 1.5  1.5 _1
)



NB. 酒井幸市「OpenGL でつくる３次元ＣＧ」p.49, 森北出版(2008)
NB. JOB = 1
VP0 =: noun define  NB. plane = X-Z frame, height = Y-axis
_1    0    1
_0.3  0    1
 0.3  0    1
 1    0    1

_1    0    0.3
_0.3 _1.3  0.3
 0.3  1    0.3
 1    0    0.3

_1    0   _0.3
_0.3  1.3 _0.3
 0.3  1.3 _0.3
 1    0   _0.3

_1    0   _1
_0.3  0   _1
 0.3  0   _1
 1    0   _1
)

NB. JOB = 0
VP1 =: noun define NB. plane = X-Y frame, height = Z-axis
_1    1    0
_0.3  1    0
```

```
 0.3  1    0
 1    1    0

_1    0.3  0
_0.3  0.3 _1.3
 0.3  0.3  1
 1    0.3  0

_1   _0.3  0
_0.3 _0.3  1.3
 0.3 _0.3  1.3
 1   _0.3  0

_1   _1    0
_0.3 _1    0
 0.3 _1    0
 1   _1    0
)



char_to_val =: 3 : 0  NB. referred from nmap
x=. y.
x=. ' ' ((x=LF)#i.#x)} x
points=. SIZE * ".x
DAT =. <"(1) _3 [\ points
)
```

NB. J Original Version

```
=========================================
surface=:verb define
x=. y.
x=. ' ' ((x=LF)#i.#x)} x
NB. wr x
points=: SIZE * ".x
glClearColor 1 1 1 1
glClear GL_COLOR_BUFFER_BIT + GL_DEPTH_BUFFER_BIT
glColor 0 0 0 1
glMatrixMode GL_MODELVIEW
glLoadIdentity''
glMap2 GL_MAP2_VERTEX_3,0 1 3 4 0 1 12 4, points
glEnable GL_MAP2_VERTEX_3
glEnable GL_AUTO_NORMAL
glMapGrid2 STEPS,0 1,STEPS,0 1
glEnable GL_DEPTH_TEST
glShadeModel GL_FLAT
glRotate R ,. 3 3 $ 1 0 0 0
NB. glRotate 85 1 1 1
glEvalMesh2 (FILL{GL_LINE,GL_FILL),0,STEPS,0,STEPS
)

light=:verb define
if. FILL do.
 glLight GL_LIGHT0, GL_AMBIENT, 0.1 0.1 0.1 1
 glLight GL_LIGHT0, GL_DIFFUSE, 0.7 0.7 0.7 1
 glLight GL_LIGHT0,GL_SPECULAR, 0.0 0.0 0.0 1
```

```
 glEnable GL_LIGHTING
 glEnable GL_LIGHT0
 glMaterial GL_FRONT,GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE, 0 1 1 1
else.
 glDisable GL_LIGHTING
end.
)

a_help_button=: verb define
wd'mb OpenGL *Press keys, a, s: steps, f: toggle line or fill, l: larger.'
wd 'setfocus g'
)

NB. indicate rotated angle x, y, z in degree ============
drawtext =: verb define
glMatrixMode GL_MODELVIEW
glLoadIdentity ''
glColor 0 0 0 1   NB. color is determined by glMaterial Command
glRasterPos _1.5 _4.5 0
glCallLists 5 ": R, STEPS
)
```