

JのOpenGLグラフィックス—その6 —サッカーボールとその仲間たち—

西川 利男

JのOpenGLプログラミングをここ数回にわたって紹介してきた。昨年暮れのJAPLAシンポジウムでは正12面体、正20面体の3Dグラフィックスを発表したが、そのとき「サッカーボールはどうだ？」との質問、ご要望がでた。

サッカーボールの黒白パターンはあらためて見てみると意外と複雑である。正月のこととしてこれをプログラミングしてみた。

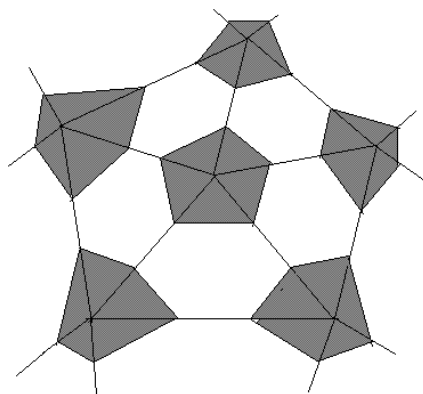
1. サッカーボール—切隅準正多面体[5, 6, 6]

サッカーボールの黒白パターンは次のようにして作られる。

まず、正20面体（正3角形面の20面体{3, 5}）から始める。これには12個の頂点があるが、各頂点から5本の稜が出て隣の頂点へと連結している。

さて、ここで各頂点から伸びる稜を適当な等しい長さだけ切り取って結ぶと正5角形が出来る。その結果、元の正20面体にあった正3角形は一般に6角形として残る。

この6角形の各辺が等しくなるもの、つまり正6角形になるとき、これが黒白パターンのサッカーボールになる。

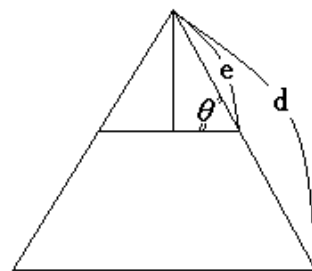


この過程を正3角形により詳細に見てみる。

正20面体の一稜、すなわち正3角形の一辺の長さをd、これから切り取る長さをeとする。そして正6角形となるためには

$$2e \cos \theta = d - 2e, \quad \theta = 60^\circ$$

$$\therefore \frac{e}{d} = \frac{1}{2(1 + \cos \theta)} = \frac{1}{2(1 + \frac{1}{2})} = \frac{1}{3}$$



一般に正多面体(regular polyhedron)の各頂点から適当な等しい長さだけ切り取って出来る立体を切隅準正多面体(truncated semiregular polyhedron)と呼ぶが、サッカーボールは正20面体に対して行なった切隅準正多面体[5, 6, 6]として得られる。つまり、12個の正5角形と20個の正6角形で囲まれた立体である。[1]

[1] 一松信「正多面体を解く」p. 95-145, 東海大学出版会(1997).

2. 切隅準正多面体[5, 6, 6]の頂点座標の算出

立体の2つの頂点を

$$V_a: (X_a, Y_a, Z_a)$$

$$V_b: (X_b, Y_b, Z_b)$$

とすると、上のように比 $e : d$ で内挿する点として切り取られる

$$\text{中間点 } V_m: (X_m, Y_m, Z_m)$$

$$\text{と } V_n: (X_n, Y_n, Z_n)$$

の座標は次のように計算される。

$$X_m = X_a + \frac{e}{d}(X_b - X_a), \quad Y_m = Y_a + \frac{e}{d}(Y_b - Y_a), \quad Z_m = Z_a + \frac{e}{d}(Z_b - Z_a)$$

$$X_n = X_a + \frac{d-e}{d}(X_b - X_a), \quad Y_n = Y_a + \frac{d-e}{d}(Y_b - Y_a), \quad Z_n = Z_a + \frac{d-e}{d}(Z_b - Z_a)$$

これに対する J のコーディングはつぎのようになる。

```
midvtx2 =: 4 : 0
'VA VB' =. y.
'e d' =. x.
VM =. VA + (e%d) * VB - VA
VN =. VA + ((d-e)%d) * VB - VA
VM, : VN
)
```

3. サッカーボール・グラフィックスの J-OpenGL プログラム

J-OpenGL プログラムの書式の詳細は先の報告[2]を見ていただきたい。

[2] 西川利男「J の gl3-OpenGL によるグラフィックスーその 1」

基本的には、次の項目から構成される。

```
require 'gl3'
(フォームの作成)
A =: 3 : 0
pc a closeok;
...
)
(フォームの実行プログラム)
a_run =: 3 : 0
glarc ''
...
)
(起動とともに実行されるプログラム)
a_paint =: 3 : 0
draw_picture ''
...
)
(モデル描画プログラム)
draw_picture =: 3 : 0
ここに図形プログラム、データが書かれる
)
```

J の OpenGL で n 個の頂点から成る n 角形を描くには、次の書式を用いる。

```
glColor (RGB 色データ)
glBegin GL_POLYGON
  glVertex V0: (V0x, V0y, V0z)
  glVertex V1: (V1x, V1y, V1z)
  ...
  glVertex Vn-1: (Vn-1x, Vn-1y, Vn-1z)
glEnd ‘
```

しかし、使い易くするため、次のような J の動詞 polygon を定義して、

```
polygon=: 4 : 0
  glColor 4{.x.,1
  glBegin GL_POLYGON
    glVertex y.
  glEnd ''
)
```

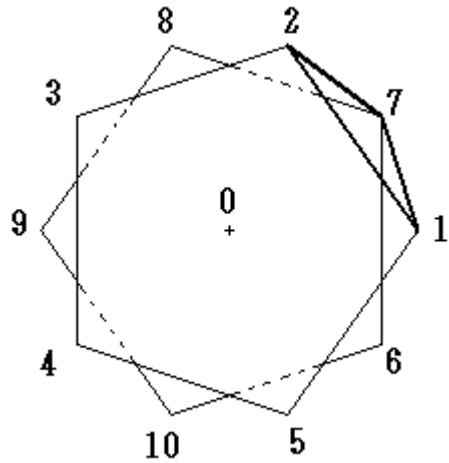
以下のように行う。

(色データ) polygon (n 個の座標値)

したがって、サッカーボールの OpenGL のプログラム全体は以前発表したものをそのまま利用して、計算した頂点の座標データを入れさえすればよい。

まず、元となる正 20 面体の頂点座標値は、次のようになる。

```
Vs =: icosa 2
(i.#Vs) ,“(0 1) Vs
0      0      0  1.90211
1  1.7013      0  0.850651
2  0.525731  1.61803  0.850651
3  _1.37638      1  0.850651
4  _1.37638      _1  0.850651
5  0.525731  _1.61803  0.850651
6  1.37638      _1  _0.850651
7  1.37638      1  _0.850651
8  _0.525731  1.61803  _0.850651
9  _1.7013      0  _0.850651
10 _0.525731  _1.61803  _0.850651
11      0      0  _1.90211
```



3.1 正 5 角形部分 (黒い領域) の描画

1 つの頂点から出る連結する隣接頂点の番号値をそれぞれ次のように定める。

```
TWOVX =: 0 1;0 2;0 3;0 4;0 5
TWOVX =: TWOVX, : (1 0;1 5;1 6;1 7;1 2)
TWOVX =: TWOVX, (2 0;2 1;2 7;2 8;2 3)
TWOVX =: TWOVX, (3 0;3 2;3 8;3 9;3 4)
TWOVX =: TWOVX, (4 0;4 3;4 9;4 10;4 5)
```

```

TWOVX =: TWOVX, (5 0;5 4;5 10;5 6;5 1)
TWOVX =: TWOVX, (6 1;6 5;6 10;6 11;6 7)
TWOVX =: TWOVX, (7 2;7 1;7 6;7 11;7 8)
TWOVX =: TWOVX, (8 3;8 2;8 7;8 11;8 9)
TWOVX =: TWOVX, (9 4;9 3;9 8;9 11;9 10)
TWOVX =: TWOVX, (10 5;10 4;10 9;10 11;10 6)
TWOVX =: TWOVX, (11 6;11 7;11 8;11 9;11 10)

```

次に、1つの頂点から出る5個の隣接頂点との間の中間点の座標を求め、それを結んで、正5角形を作る。

```

MD =: 3
ME =: 1

```

```

midvtx =: 4 : 0
'VA VB' =. y.
'e d' =. x.
VM =. VA + (e%d) * VB - VA
)

```

```

twovtx =: 3 : 0
y. { TWOVX
)

```

NB. Pentagon Vertex of Soccer Ball

```

soc5 =: 3 : 0
(ME, MD) midvtx "1 <"1 > (twovtx y.) { L:0 Vs
)

```

このようにして得た12個の正5角形頂点座標値に色データを添えてモデル描画プログラムは以下のように作られる。つまり前述のdraw_picture は次のようになる。

```

BLAK =: 0 0 0
draw_soccer5 =: verb define
BLAK      polygon  soc5 0
BLAK      polygon  soc5 1
BLAK      polygon  soc5 2
BLAK      polygon  soc5 3
BLAK      polygon  soc5 4
BLAK      polygon  soc5 5
BLAK      polygon  soc5 6
BLAK      polygon  soc5 7
BLAK      polygon  soc5 8
BLAK      polygon  soc5 9
BLAK      polygon  soc5 10
BLAK      polygon  soc5 11
)

```


3.2 正六角形部分（白い領域）の描画

正20面体を構成する正3角形の頂点連結の番号付けを次のように定める。なお、前回の番号付けとは少し修正を行った。

```
IND_ICO =: 0 1 2;0 2 3;0 3 4;0 4 5;0 5 1
IND_ICO =: IND_ICO, 1 7 2; 2 8 3;3 9 4;4 10 5;5 6 1
IND_ICO =: IND_ICO, 6 7 1; 7 8 2;8 9 3;9 10 4;10 6 5
IND_ICO =: IND_ICO, 6 7 11;7 8 11;8 9 11;9 10 11;10 6 11
```

```
pairvtx =: 3 : 0
t0 =: 0 1 {L:0 y.
t1 =: 1 2 {L:0 y.
t2 =: 2 0 {L:0 y.
t0, t1, t2
)
```

```
XYZ6 =: (pairvtx "(0) IND_ICO) {L:0 Vs
```

```
midvtx2 =: 4 : 0
'VA VB' =. y.
'e d' =. x.
VM =. VA + (e%d) * VB - VA
VN =. VA + ((d-e)%d) * VB - VA
VM, : VN
)
```

これらの頂点値を用いて、前と同様にして、正六角形部分の描画を行う。

```
GRAY =: 0.7 0.7 0.7
GRAX =: 0.8 0.8 0.8
GRAZ =: 0.9 0.9 0.9
draw_soccer6 =: verb define
MXYZ6 =. (ME, MD) midvtx2 L:0 XYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >0 {MXYZ6
GRAX      polygon    6 3$, >1 {MXYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >2 {MXYZ6
GRAX      polygon    6 3$, >3 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >4 {MXYZ6
GRAX      polygon    6 3$, >5 {MXYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >6 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >7 {MXYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >8 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >9 {MXYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >10 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >11 {MXYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >12 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >13 {MXYZ6
```

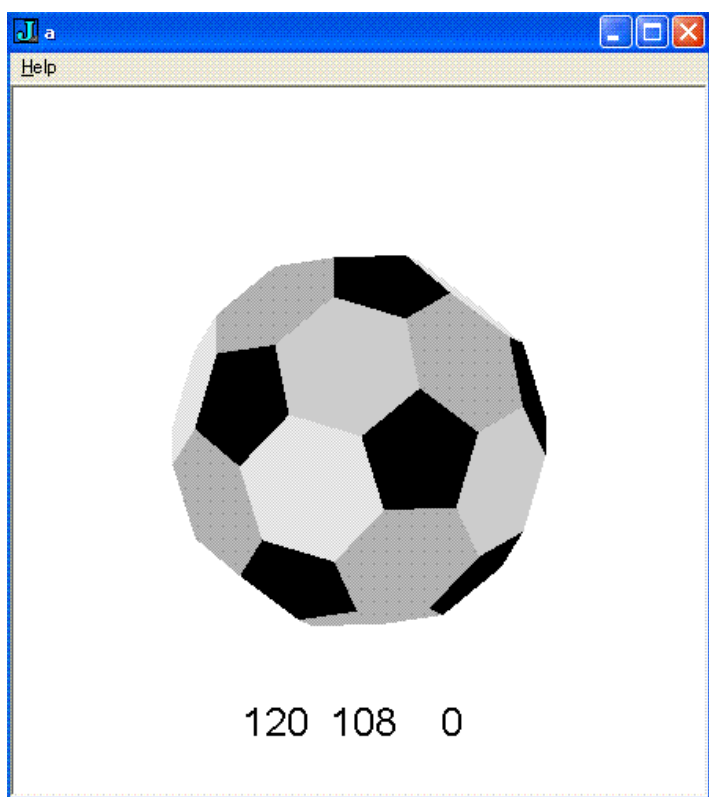
```

GRAY      polygon    6 3$, >14 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >15 {MXYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >16 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >17 {MXYZ6
GRAY      polygon    6 3$, >18 {MXYZ6
GRAZ      polygon    6 3$, >19 {MXYZ6
)

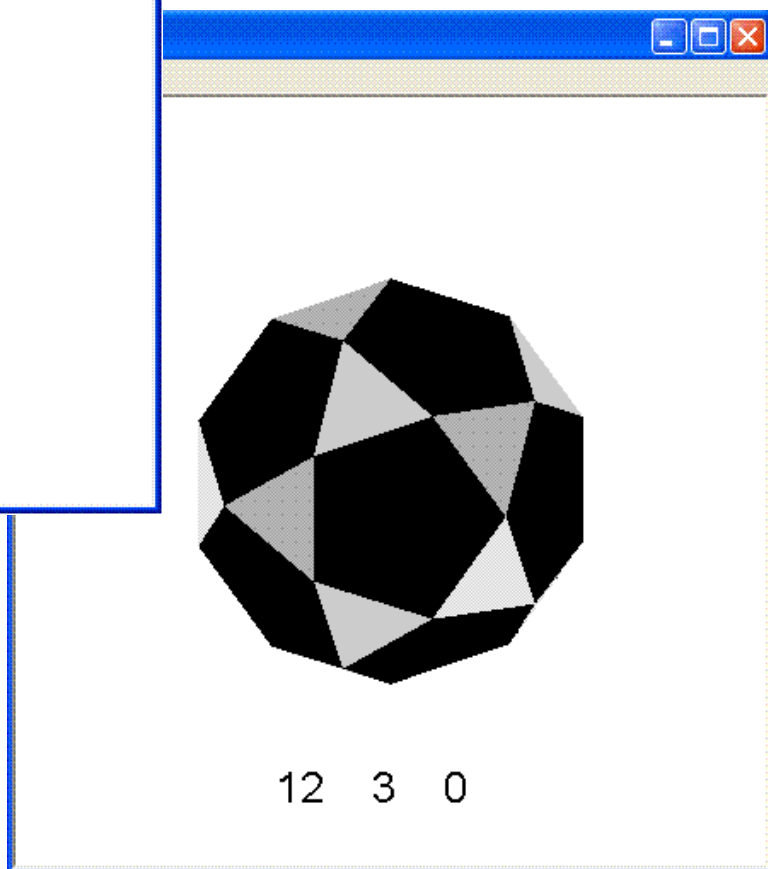
```

ここで色データは隣との区別のため、3種類のグレー(GRAY, GRAX, GRAZ)で表した。

4. サッカーボール (普通と変形パターン) の実行結果



← 普通のサッカーボール
(e/d = 1/3)



変形サッカーボール →
(e/d = 1/2)

サッカーボールの仲間には、バックミンスター・フラーのジオデシック・ドームに使われたシナジェティック多面体があるが、あらためて次の機会にやってみたい。

プログラム・リスト

```
NB. Dodecahedron and Icosahedron
NB. OpGLN_Polyh.ijs
NB. 1st v 2009/9/1 by T. Nishikawa
NB. rev. 2009/9/14
NB. using revised polyhedron program 2009/11/7
NB. Soccer Ball - added 2009/12/20

NB. run 0 / run '' => Dodecahedron
NB. run 1          => Icosahedron
NB. run 2          => Soccer Ball / Semiregular Polyhedron [5,6,6]

NB. polyhedron vertex imported from polyhedron.ijs =====
NB. polyhedron.ijs
NB. 正12面体と正20面体の頂点座標を求める
NB. 2009/11/2
NB. 2009/11/9 一辺=2a に変更する

load 'trig'

polyh =: 3 : 0
:
a =. x. % 2          NB. 正多面体を構成する正多角形の一辺
'p q' =. y.         NB. シェフリのパラメータ
K =. %: 1 - ( (cos 1p1%p)^2 + (cos 1p1%q)^2 )
NB. R = 正多面体の外接球の半径
R =. a * (sin 1p1 % q) % (K)
l =. a * (cos 1p1 % p) % (K)
NB. r = 正多面体の内接球の半径
r =. a * (% tan 1p1 % p) * (cos 1p1 % q) % (K)
NB. r5 = 正5角形の外接円の半径
r5 =. (a) % sin 1p1 % 5
h5 =. %: (R^2) - (r5^2)
NB. h5=r: 正5角形の板の高さ=正5角形と重心との距離=正多面体の内接球の半径
R, r, r5
)

NB. 正12面体の頂点座標
dodec =: 3 : 0
a =. y.
'R r r5' =. a polyh 5 3
'p q' =. 5, 3
NB. R=正12面体の外接球の半径
NB. r=正12面体の内接球の半径=正5角形の板と重心との距離
NB. r5=正5角形の外接円の半径
```

```

TH =. (2p1 % p) * i.5
DA =. (r5 * (cos TH),. (sin TH)), "(1 0) r
'D0 D1 D2 D3 D4' =. DA
D0 =. 0{DA
'D0X D0Y D0Z' =. D0
sin_alph =. (a%2) % R
cos_alph =. %: 1 - sin_alph^2
sin_2alph =. 2 * sin_alph * cos_alph
cos_2alph =. (cos_alph^2) - (sin_alph^2)
D5X =. (D0X*cos_2alph) + (D0Z*sin_2alph)
D5Z =. (-D0X*sin_2alph) + (D0Z*cos_2alph)
D5Y =. D0Y
D5 =. D5X, D5Y, D5Z
DBX =. (D5X * cos TH) - (D5Y * sin TH)
DBY =. (D5X * sin TH) + (D5Y * cos TH)
DB =. (DBX,.DBY), "(1) D5Z
'D5 D6 D7 D8 D9' =. DB
NB. 対蹠点を求めた後、順序を調整する 09/11/11
DC0 =. -|. DB
DC1 =. 1 _1 1*" (1 1) DC0
DC =. 1 |. DC1
'D10 D11 D12 D13 D14' =. DC
DDX =. -|. DA
DDY =. 1 _1 1*" (1 1) DDX
DD =. 1 |. DDY
'D15 D16 D17 D18 D19' =. DD
DA, DB, DC, DD
)

```

NB. 正 20 面体の頂点座標

```

icosa =: 3 : 0
a =. y.
'R r r5' =. a polyh 3 5
'p q' =. 3, 5
NB. R=正 20 面体の外接球の半径
C0 =. 0, 0, R
'COX COY COZ' =. C0
sin_beta =. (a%2) % R
cos_beta =. %: 1 - sin_beta^2
sin_2beta =. 2 * sin_beta * cos_beta
cos_2beta =. (cos_beta^2) - (sin_beta^2)
C1X =. (COX*cos_2beta) + (COZ*sin_2beta)
C1Z =. (-COX*sin_2beta) + (COZ*cos_2beta)
C1Y =. COY
C1 =. C1X, C1Y, C1Z

```

```

TH =. (2p1 % 5) * i.5
CA =. (C1X * (cos TH),. (sin TH)), "(1 0) C1Z
'C1 C2 C3 C4 C5' =. CA
CAXY =. 0 1{"(1) CA
NB. 対蹠点を求めた後、順序を調整する 09/11/11
CB0 =. (_1* CAXY), "(1 0) (-C1Z)
CB =. 2 |. CB0
'C6 C7 C8 C9 C10' =. CB
C11 =. - C0
C0, CA, CB, C11
)

```

NB. Distance for Check

```

NB. eg. D1 dist D6 => 5, D6 dist D12 => 5, D6 dist D13 => 5
dist =: 3 : 0
:
'ax ay az' =. x.
'bx by bz' =. y.
%: (*: ax-bx) + (*: ay-by) + (*: az-bz)
)

```

NB. OpenGL Graphics

```

=====

```

```

require 'gl3'

A=: noun define
pc a closeok;
menupop "&Help";
menu help "&Help" "" "" "";
menupopz;
xywh 0 0 220 200;cc g isigraph ws_clipchildren ws_clipsiblings rightmove
bottommove;
pas 0 0;
rem form end;
)

run =: a_run
a_run=: verb define
N =: y.
select. N
  case. 0 do. Vd =: dodec 1.5
  case. 1 do. Vc =: icosahedron 2
  case. 2 do. Vs =: icosahedron 2

```

```

                MD =: 3
                ME =: 1
    case. 3 do. Vs =: icosahedron
                MD =: 3
                ME =: 1.5
end.
wd A
glarc''          NB. enable gl3-OpenGL
R =: 0 0 0
glfont 'arial 30'
glusefontbitmaps 0 32 26 32
wd 'pshow;ptop'
)

a_g_char =: verb define
R =: 360 | R + 3 * 'xyz' = 0 { sysdata NB. key_in 'x', rotate around x-axis
R =: 360 | R - 3 * 'XYZ' = 0 { sysdata NB. key_in 'X', rotate around x-axis
glpaintx''
)

a_g_size=:verb define
wh=. glqwh''
glviewport 0 0,wh
glmatrixmode GL_PROJECTION
glloadidentity''
NB. gluPerspective 30, (%/wh),5 15    NB. for Perspective Projection
glortho _3 3 _3 3 _3 3    NB. for Ortho Projection
)

a_g_paint =: verb define
glClearColor 1 1 1 0    NB. back ground white
glClear GL_COLOR_BUFFER_BIT + GL_DEPTH_BUFFER_BIT
glEnable GL_DEPTH_TEST
glmatrixmode GL_MODELVIEW
glloadidentity''
glTranslate 0 0 0    NB. for Ortho Projection
NB. glTranslate 0 0 _10    NB. for Perspective Projection
glRotate R ,. 3 3 $ 1 0 0 0
NB. glPolygonMode GL_FRONT_AND_BACK, GL_LINE NB. wire frame
glPolygonMode GL_FRONT_AND_BACK, GL_FILL
select. N
    case. 0 do. draw_dodec ''
    case. 1 do. draw_icosahedron ''
    case. 2;3 do. draw_soccer5 ''
                draw_soccer6 ''

```

```

end.
drawtext ''
glSwapBuffers ''
)
NB. Color Data
COLA=: 1 0 0
COLB=: 0 1 0
COLC=: 0 0 1
COLD=: 1 1 0
COLE=: 0 0.5 1
COLF=: 1 0 1
COLG=: 1 0.5 0
COLH=: 0.5 1 0
COLI=: 1 0 0.5
COLJ=: 0.5 0 1
COLK=: 0 0.5 1
COLL=: 0.5 0.5 0.5
COLM=: 0.7 0 0
COLN=: 0.7 1 0
COLO=: 0.7 0 1
COLP=: 0.7 1 1
COLQ=: 0.3 0.3 0
COLR=: 0.3 0.3 1
COLS=: 0.3 1 0.3
COLT=: 0.3 1 1

drawtext =: verb define
glMatrixMode GL_MODELVIEW
glLoadIdentity ''
glColor 0 0 0 0
glRasterPos _1.2 _2.5 0
glCallLists 5 " : R NB. indicate X, Y, Z rotated angles in deg
)

a_help_button=: verb define
wd' mb OpenGL *Press x y z to rotate.'
wd 'setfocus g'
)

polygon=: 4 : 0
glColor 4{x.,1
glBegin GL_POLYGON
glVertex y.
glEnd ''
)

```

NB. Dodecahedron Vertex

draw_dodec=:verb define

```
COLA      polygon  0  1  2  3  4  {Vd NB. あか
COLB      polygon  0  5 11  6  1  {Vd NB. みどり
COLC      polygon  1  6 12  7  2  {Vd NB. あお
COLD      polygon  2  7 13  8  3  {Vd NB. き
COLE      polygon  3  8 14  9  4  {Vd NB. みずいろ
COLF      polygon  4  9 10  5  0  {Vd NB. むらさき

COLG      polygon 19 14  9 10 15  {Vd NB. ちゃいろ
COLH      polygon 18 13  8 14 19  {Vd NB. きみどり
COLI      polygon 17 12  7 13 18  {Vd NB. あかむらさき
COLJ      polygon 16 11  6 12 17  {Vd NB. こいあお
COLK      polygon 15 10  5 11 16  {Vd NB. そらいろ

COLL      polygon 15 19 18 17 16  {Vd NB. はいいろ
)
```

NB. Icosahedron Vertex

draw_icosah=:verb define

```
COLA      polygon  0  1  2  {Vc NB. あか
COLB      polygon  0  2  3  {Vc NB. みどり
COLC      polygon  0  3  4  {Vc NB. あお
COLD      polygon  0  4  5  {Vc NB. き
COLE      polygon  0  5  1  {Vc NB. みずいろ

COLF      polygon  1  2  7  {Vc NB. むらさき
COLG      polygon  2  3  8  {Vc NB. ちゃいろ
COLH      polygon  3  4  9  {Vc NB. きみどり
COLI      polygon  4  5 10  {Vc NB. あかむらさき
COLJ      polygon  5  1  6  {Vc NB. こいあお

COLK      polygon  1  6  7  {Vc NB. そらいろ
COLL      polygon  2  7  8  {Vc NB. はいいろ
COLM      polygon  3  8  9  {Vc NB.
COLN      polygon  4  9 10  {Vc NB.
COLO      polygon  5 10  6  {Vc NB.

COLP      polygon  6  7 11  {Vc NB.
COLQ      polygon  7  8 11  {Vc NB.
COLR      polygon  8  9 11  {Vc NB.
COLS      polygon  9 10 11  {Vc NB.
COLT      polygon 10  6 11  {Vc NB.
```

)

NB. Soccer Ball = Truncated Semiregular Polyhedron [5,6,6] / 2009/12/22 =====

Vs =: icosahedron 2

NB. Soccer Ball - Pentagon (Black Face) =====

```
twovtx =: 3 : 0
y. { TWOVX
)
```

```
TWOVX =: 0 1;0 2;0 3;0 4;0 5
TWOVX =: TWOVX, : (1 0;1 5;1 6;1 7;1 2)
TWOVX =: TWOVX, (2 0;2 1;2 7;2 8;2 3)
TWOVX =: TWOVX, (3 0;3 2;3 8;3 9;3 4)
TWOVX =: TWOVX, (4 0;4 3;4 9;4 10;4 5)
TWOVX =: TWOVX, (5 0;5 4;5 10;5 6;5 1)
TWOVX =: TWOVX, (6 1;6 5;6 10;6 11;6 7)
TWOVX =: TWOVX, (7 2;7 1;7 6;7 11;7 8)
TWOVX =: TWOVX, (8 3;8 2;8 7;8 11;8 9)
TWOVX =: TWOVX, (9 4;9 3;9 8;9 11;9 10)
TWOVX =: TWOVX, (10 5;10 4;10 9;10 11;10 6)
TWOVX =: TWOVX, (11 6;11 7;11 8;11 9;11 10)
```

NB. MD =: 3

NB. ME =: 1

NB. ME =: 1.5 NB. if try, then another soccer ball !!

```
midvtx =: 4 : 0
'VA VB' =. y.
'e d' =. x.
VM =. VA + (e%d) * VB - VA
)
```

NB. Pentagon Vertex of Soccer Ball

```
soc5 =: 3 : 0
(ME, MD) midvtx "1 <"1 > (twovtx y.) { L:0 Vs
)
```

NB. Soccer Ball - Hexagon (Grey Face) =====

```
IND_ICO =: 0 1 2;0 2 3;0 3 4;0 4 5;0 5 1
IND_ICO =: IND_ICO, 1 7 2; 2 8 3;3 9 4;4 10 5;5 6 1
IND_ICO =: IND_ICO, 6 7 1; 7 8 2;8 9 3;9 10 4;10 6 5
IND_ICO =: IND_ICO, 6 7 11;7 8 11;8 9 11;9 10 11;10 6 11
```



```

pairvtx =: 3 : 0
t0 =: 0 1 {L:0 y.
t1 =: 1 2 {L:0 y.
t2 =: 2 0 {L:0 y.
t0, t1, t2
)

```

```

XYZ6 =: (pairvtx " (0) IND_ICO) {L:0 Vs

```

```

midvtx2 =: 4 : 0
'VA VB' =. y.
'e d' =. x.
VM =. VA + (e%d) * VB - VA
VN =. VA + ((d-e)%d) * VB - VA
VM, : VN
)

```

```

NB. MXYZ6 =: (ME, MD) midvtx2 L:0 XYZ6

```

NB. Soccer Ball

```

BLAK =: 0 0 0
draw_soccer5 =: verb define
BLAK      polygon   soc5 0
BLAK      polygon   soc5 1
BLAK      polygon   soc5 2
BLAK      polygon   soc5 3
BLAK      polygon   soc5 4
BLAK      polygon   soc5 5
BLAK      polygon   soc5 6
BLAK      polygon   soc5 7
BLAK      polygon   soc5 8
BLAK      polygon   soc5 9
BLAK      polygon   soc5 10
BLAK      polygon   soc5 11
)

```

```

GRAY =: 0.7 0.7 0.7
GRAX =: 0.8 0.8 0.8
GRAZ =: 0.9 0.9 0.9
draw_soccer6 =: verb define
MXYZ6 =. (ME, MD) midvtx2 L:0 XYZ6
GRAY      polygon   6 3$, >0 {MXYZ6
GRAX      polygon   6 3$, >1 {MXYZ6

```

GRAY polygon 6 3\$, >2 {MXYZ6
GRAX polygon 6 3\$, >3 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >4 {MXYZ6
GRAX polygon 6 3\$, >5 {MXYZ6
GRAY polygon 6 3\$, >6 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >7 {MXYZ6
GRAY polygon 6 3\$, >8 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >9 {MXYZ6
GRAY polygon 6 3\$, >10 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >11 {MXYZ6
GRAY polygon 6 3\$, >12 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >13 {MXYZ6
GRAY polygon 6 3\$, >14 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >15 {MXYZ6
GRAY polygon 6 3\$, >16 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >17 {MXYZ6
GRAY polygon 6 3\$, >18 {MXYZ6
GRAZ polygon 6 3\$, >19 {MXYZ6
)