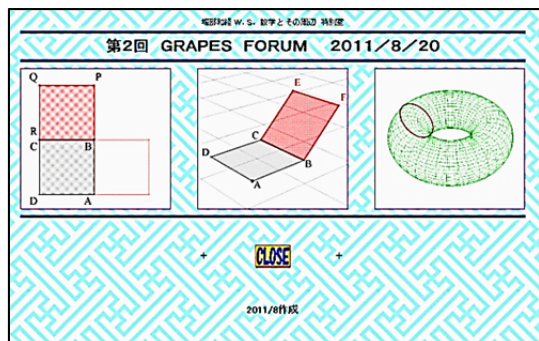


2D・3D-GRAPESの多様な表現力

愛知県立春日井東高等学校 堀部 和経



GRAPES と 3D-GRAPES が持つ多様な表現力の紹介をしたいと思います。

ここで紹介するファイルは、すべてWebにデータがアップしてあります。自由に使ってください。

URL <http://horibe.jp/Forum2011.HTM>

これから、あるサンプルをお見せします。是非、見てください。

(1) 2Dでの回転の説明

2つの正方形ABCDとBPQRを点B中心にして回転運動をさせる。

まず、表1のように点を入力するのだが、まず4点A, B, C, Dを正方形になるように配置する。次に、

$P = \text{回転}(A, B, s)$

とし、点B中心に点Aをs度だけ回転した点をPとした。

これで、線分BPは、パラメータsで回転移動できる。

$Q = \text{回転}(B, P, -90)$

$R = \text{回転}(P, B, 90)$

これで、点P中心に点Bを-90度だけ回転した点Q、点B中心に点Pを90度だけ回転した点Rを定義できた。

これで、パラメータsを動かせば、正方形BPQRは、点Bを中心に回転運動をする。

最後に、スクリプトを書き加えると、ボタンを押すだけで、回転がはじまる。

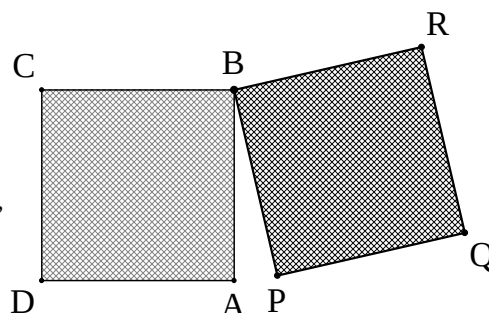


図1

表1

基本図形	
A	$a(0.5, -0.5)$
B	$A + a(0, 1)$
C	$A + a(-1, 1)$
D	$A + a(-1, 0)$
P	回転(A, B, s)
Q	回転(B, P, -90)
R	回転(P, B, 90)

// 90度回転する

スクリプトの例

```
s := 0
ClrAImg
SetAImg
for s := 0 to 90 step 0.025*k
draw
next
```

(2) 3Dでの回転と視点の説明

(2-1) 回転についての説明

2つの正方形ABCDとBCEFを直線BCを回転の中心として回転運動させる。

まず、表2のように点を入力する。4点A, B, C, Dをxy平面上に正方形になるように配置する。次に関数 f と関数 h を後述するように定義して、次の様に入力する。

$$E = h(A, B, D)$$

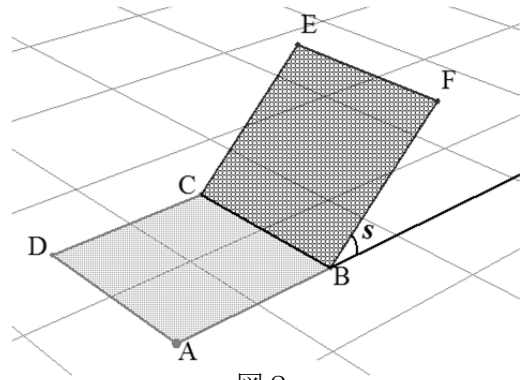


図2

すると、直線BDを回転の中心として $(180 - s)$ 度だけ点Aを回転した点をEとできる。

そして、同様に

$$F = h(C, B, D)$$

とし、点Cを回転した点をFとした。

ではこれから、関数 f と関数 h の定義を確認してみよう。

関数 f は、引数が X, Y, Z, w の4つです。そして、

$$f(X, Y, Z, w) = Y + \text{回転}(\overrightarrow{YX}, \overrightarrow{YZ}, w)$$

です。

これを解析します。 $\overrightarrow{YZ}$ を含む直線を回転の中心とし、 $\overrightarrow{YX}$ を角 w だけ回転したベクトルを点Yに加える。もう少し自然言語風に言うと、直線YZを軸に点Xを w 度だけ回転させる関数となる。

$$h(X, Y, Z) = f(X, Y, Z, 180 - s)$$

関数 f の変数 w に定数 $180 - s$ を代入することによって、関数 h は引数が X, Y, Z の3つになった。ここで、パラメータは定数であることを確認。そして $w = 180 - s$ は、正方形が開いた状態で $s = 0$ 度となるように調整しています。

(2-2) 視点についての説明

ここからは、3Dの視点の変更の説明です。

まず、視点に関する関数(変数)を列举(3D-GrapesManual.pdfより)

- ・ viewH, viewV: 基点から視点を見たときの水平角, 立体角(度数)
- ・ viewD: 基点と視点の距離
- ・ viewA: 視点からの視野角(度数)
- ・ viewP: 視点位置(座標)
- ・ baseP: 基点位置(座標)
- ・ 視点位置を座標で指定することはできない。
- ・ 視点位置は、基点位置を元に viewH, viewV, viewD から計算される。

そして、SetViewPoint(水平角, 立体角, 原点からの距離, 視野角)は、立体をどのようにGRAPESのグラフウインドウという平面に切り取るのかを命令します。

表2

点・球	
A	$(-0.50, -0.50, 0.00)$
B	$A + (1, 0, 0)$
C	$A + (0, 1, 0)$
D	$A + (1, 1, 0)$
E	$h(A, B, D)$
F	$h(C, B, D)$
作成→	
fx 関数定義	
$f =$	$Y + \text{回転}(\overrightarrow{YX}, \overrightarrow{YZ}, w)$
$h =$	$f(X, Y, Z, 180 - s)$
作成()	

次に、右のスク립トの解説する。

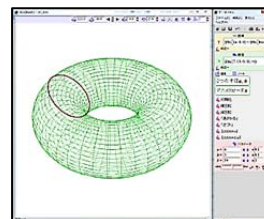
- ① ボタンを作る
- ② 変数 v に、水平角 viewH を代入する
- ③ For next 文の始まり
- ④ 水平角 viewH に、変数 u を代入する
- ⑤ その視点で描画する
- ⑥ For next 文の終わり

```
① // 【空間を横回転する】
② v:=viewH
③ for u:=v to v+360 step 0.1*k
④ SetViewPoint(u,viewV,viewD,viewA)
⑤ Draw
⑥ next
```

ここで④は、「⑦ viewH:=u」だけでも同じです。視点を総合的に動かしたいときには、4つの視点に関する関数(変数)が一目で把握できるので、私は④の表現を好んで使っています。

(3) 3Dでの視点移動の例

詳細は省略し、ファイルを見てもらいます。



```
//「遠ざかる」
m := viewD
for d := 0 to 100 step 0.1*k
SetViewPoint(viewH,viewV,m+3*d,viewA)
Draw
next
```

```
//【ZOOM-In】
for d := 0 to 100 step 0.1*k
SetViewPoint(viewH,40-d*0.4,50-d*0.42,25+d*0.90)
Draw
next
```

```
//「近づく」
m := viewD
for d := 0 to 100 step 0.1*k
SetViewPoint(viewH,viewV,m-3*d,viewA)
Draw
next
```

```
//【ZOOM-Out】
for d := 100 to 0 step -0.1*k
SetViewPoint(viewH,40-d*0.4,50-d*0.42,25+d*0.90)
Draw
next
```

(4) 幾つかの例の紹介

これらのテクニック等をもちいると、次の様なファイルを構成できます。参考になるファイルもいくつかあると思います。

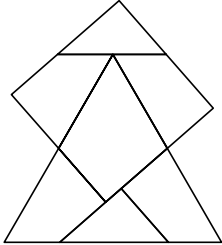
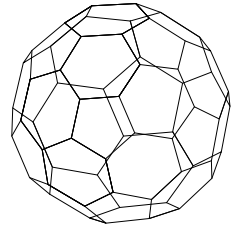


私のWEB (<http://horibe.jp/>) 内の「GRAPES 棟」にデータをアップしてあります。2D・3D-GRAPES の持つ多様な表現力には驚かされます。

A-25 階「32面体を含む、準正多面体」

◆全ての点を表示するには、基本図形の数不足する。しかし、残像機能を利用し目的の多面体を書くことができる。

●正多面体の頂点を切り落とし、準正多面体を表現している。



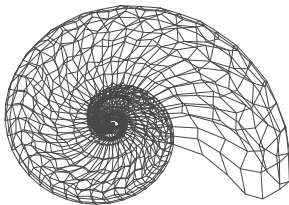
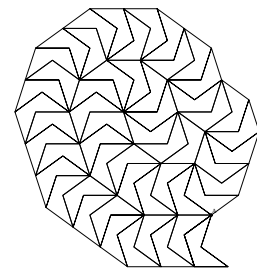
A-26 階「多角形のトランスフォーム」

◆基本となる多角形を特定の直線に対し相対的に配置し、その基準線を回転や平行移動することで、図形の変形を表現できる。

●ボヤイの定理（面積の等しい多角形は分割合同）をアニメにしたモノ。左の図は、ヘンリー・アーネスト・デュードニーの作である。

A-38 階「凹五角形による平面充填」

◆「テーブル」機能を使って、描いた図形に重ならない配置をスク립トで判定し、新しい配置を決定する。平面重点の問題は、とても面白い問題である。例えば、江戸期の「さやがた」という形は、とても美しい平面充填形である。（参考、Webの本館屋上・背景画15）



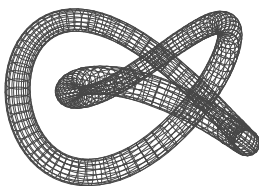
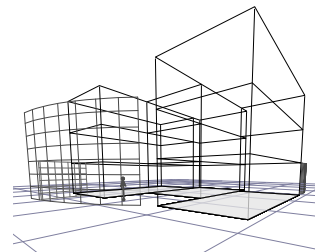
B-1 階「貝殻の表示」

◆曲面の関数をパラメーターで表す基本的な表現により、自然物を表す。

●曲面の係数を少し変化させるだけで、表情が劇的に変わる。

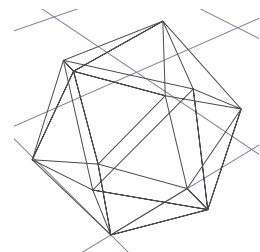
B-3 階「A&U（建物の表示）」

◆建物の簡単なフレームワーク程度なら簡単に描くことができ、視点に関する関数『SetViewPoint(viewH, viewV, viewD, viewA)』を使って、建物をいろいろな角度で見る事ができる。例えば、バードビュー等を作り出せる。



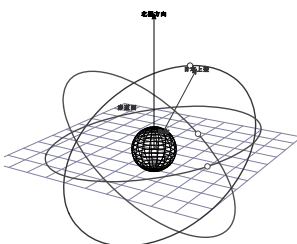
B-18 階「結び目と筒」

◆空間内に結び目を表す関数を作り、それを太くする表面関数を付けて、チューブ状の立体を作る。チューブを作るには微分を使ったり、ベクトルの外積を利用したりする。



B-26 階「多面体展開図（アニメーション）」

◆正多面体の展開図を元に戻し正多面体にするアニメーション。空間内での回転運動をコントロールする。



B-40 階「準天頂衛星『みちびき初号機』軌道」

●科学分野・天体に関するアニメーション。人工衛星の動きを説明するアニメの例。