

# 複数タイプの「歪み絵」を一度に出力するプログラムの制作

～数学とプログラミングによる文化の再生と保証～

Creating a program to output multiple types of "distortion paintings" at once

-Renewal and Assurance of Culture through Mathematics and Programming-

## Abstract

In late 16 century, "ana-morphosis", a distortion painting creation technique developed in Europe. By imitating it with mathematics, We will make a world where everyone can express themselves with the tool of art. We created four types of ana-morphosis using cylindrical mirror, cone mirror, spherical mirror and perspective and expressed them in a mathematical expression.

## 1.はじめに

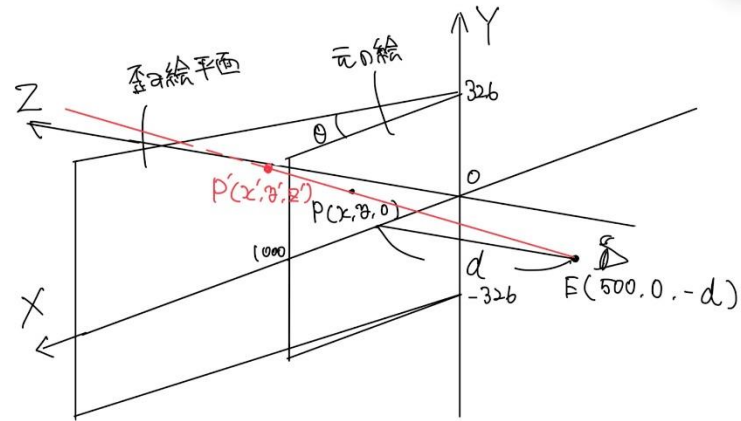
アナモルフォーシスとは16世紀のルネサンス後期にヨーロッパを中心として発達した歪み絵作成技法のことである。その歴史はかなり古く、現存する最古の歪み絵はレオナルド・ダ・ヴィンチの遠近法を用いたものであるとされ1492年ごろのものである。遠近法を用いた歪み絵は16～17世紀にヨーロッパを中心として発展した。その後16世紀に中国で円柱鏡を用いた歪み絵が誕生し（このころのものは作者が鏡を見ながら直接書いていたものとされている）、それが17世紀になってからヨーロッパに渡り発展した。その後円錐鏡や球面鏡を用いた歪み絵も誕生、発展し今日に至る。私たちはこれらの歪み絵作成技法を数学的に処理しこれらを再現できるプログラムを作成することで、文化を再生、保存し、誰もが絵画という表現ツールを用いて自己表現することができる環境づくりを目指す。

## 2. 研究方法

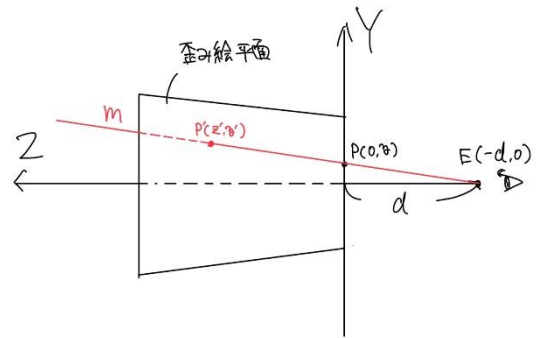
- (1)遠近法、円柱鏡、円錐鏡、球面鏡の四つのアナモルフォーシスについて元画像に対応する歪み絵を作る変換式を作成する。（詳細は後述）
  - (2)それをプログラミング言語「十進 BASIC」を用いてコンピュータ上に落とし込む。
  - (3)そうしてできた四種類のプログラムをまとめて、一つのプログラムを作成する。
- 以下はそれぞれのアナモルフォーシスの中で遠近法についての変換式の導出方法である。

### 遠近法の方法

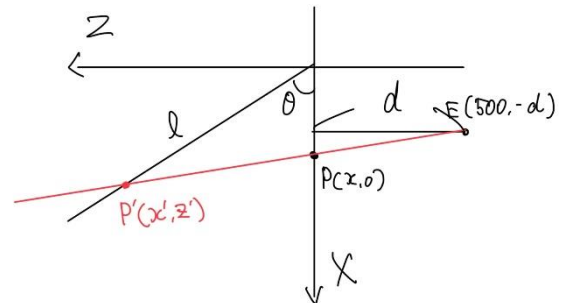
図1のように元の絵をx軸上に配置し、それをy軸を中心にz軸方向に $\theta$ 回転させた面に歪み絵を作成することを考える。元の絵の中央からz軸の負の方向にdだけ離れたところに座標E(500, 0, -d)を取りここを目の位置とする。元の絵上の座標P(x, y, z)を直線EPと歪み絵の平面との交点の座標P'(x', y', z')に変換する式を求める。視点Eから見ると点Pと点P'は同じ位置にあるように見える



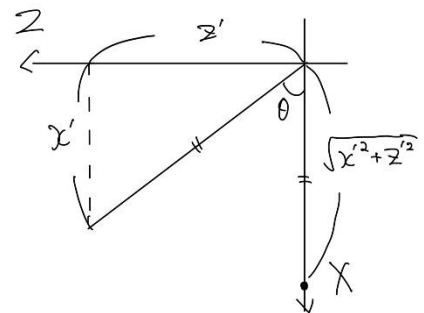
まずx座標を削除して考えると図2のようになる、このとき、視線mは点E(-d, 0)とP(0, y)のを通る直線であるため、方程式は $Y = -y/d(Z - y)$ となりy'の変換式は $y' = -y/d(z' - y)$ となる。



次に、Y座標を削除して考えると図3のようになる。このとき直線EPは点E(500, -d)と点P(x, 0)を通るので方程式は $Z = d/(x-500)(X-x)$ となる。また、直線lは原点を通り、傾きが $\tan \theta$ の直線であるため、方程式は $Z = \tan \theta X \cdots ①$ となる。よって直線EPと直線lの交点は $d/(x-500) * (X-x) = X * \tan \theta$   
 $X * (d/(x-500) - \tan \theta) = x * (d/(x-500))$   
 $X = dx / (d - (x-500) * \tan \theta) \cdots ②$   
 ①に②を代入して $Z = dx * \tan \theta / (d - (x-500) * \tan \theta)$   
 よってx', y'の変換式はそれぞれ $x' = dx / (d - (x-500) * \tan \theta)$ ,  $z' = dx * \tan \theta / (d - (x-500) * \tan \theta)$ である。



最後に歪み絵平面を表現しやすくするためY軸を中心に $\theta$ 回転させ、X軸平面上に変換する。y座標は変わらない。またx座標は図3より、 $\sqrt{x'^2 + z'^2}$ である。よって歪み絵上の点の座標は $(\sqrt{x'^2 + z'^2}, y')$ と表せる。



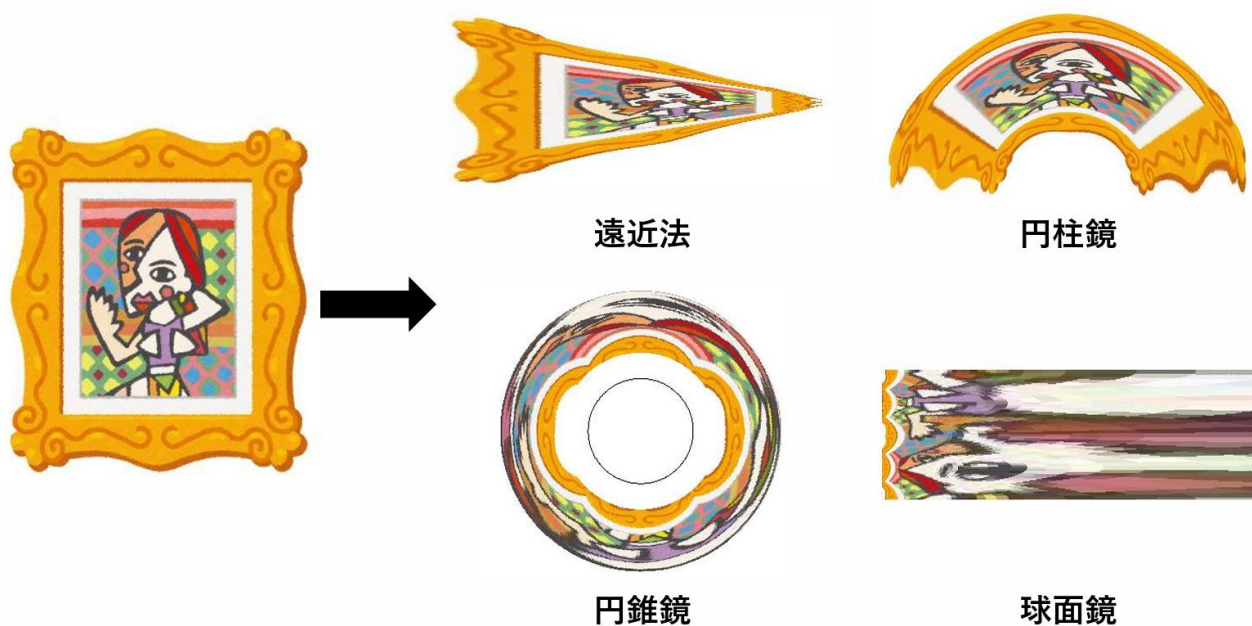
残り三種類の方法については、残り枚数の関係で割愛させていただくが、遠近法のものと同様にモデル図を作り元画像上の座標を歪み絵平面上の座標に変換する式を作成するという手順である。

### 3. 研究結果

完成したプログラムは以下のとおりである。

```
*****
CLEAN
DIM a(0) TO 0
DIM m(0) TO 0
LET m=2.11587158
*****
SET HTMAP SIZE 1016,602
SET WINDOW 0,1000,0,600
PLOT LINES 114,400,402,400,402,258,110,258,113,480
PLOT LINES 240,408,301,400,301,258,303,200,363,480
PLOT LINES 114,200,402,300,402,303,113,301,113,380
PLOT LINES 240,200,303,200,303,100,363,100,363,200
SET TEXT SIZE 74,0 800,30
PLOT TEXT AT 80,200 "変数 a の値は a のタイプを定義してこ
こから。"
SET TEXT SIZE 74,0 800,30
PLOT TEXT AT 178,5,285 "値 0.2"
PLOT TEXT AT 602,5,285 "11480"
PLOT TEXT AT 113,5,285 "10000"
PLOT TEXT AT 200,3,285 "30000"
*****
ON MOUSE CLICK, m, a, b, c, d, e
IF b=1 THEN GOTO 100
IF m=1 THEN GOTO 300
GOTO 50
100 IF m=70 THEN GOTO 110 ELSE GOTO 60
110 IF m=80 THEN GOTO 120 ELSE GOTO 60
120 IF m=90 THEN GOTO 130 ELSE GOTO 140
130 IF m=100 THEN GOTO 140 ELSE GOTO 60
140 IF m=110 THEN GOTO 150 ELSE GOTO 60
150 IF m=120 THEN GOTO 160 ELSE GOTO 60
160 IF m=130 THEN GOTO 170 ELSE GOTO 60
170 IF m=140 THEN GOTO 180 ELSE GOTO 60
180 IF m=150 THEN GOTO 190 ELSE GOTO 60
190 IF m=160 THEN GOTO 200 ELSE GOTO 60
200 IF m=170 THEN GOTO 210 ELSE GOTO 60
210 IF m=180 THEN GOTO 220 ELSE GOTO 60
220 IF m=190 THEN GOTO 230 ELSE GOTO 60
230 IF m=200 THEN GOTO 240 ELSE GOTO 60
STOP
*****
CLEAN
gload "C:\O\O 2.bmp"
*****
SET HTMAP SIZE 1000,600
SET WINDOW 0,1000,0,600
LET m=200
LET n=300
LET r=400
*****
FOR a=0 TO 0 STEP 1
LET c(a)=VAL(0)
NEXT a
LET b(0)=1700+30*0*0.000000
LET g(0)=1700+30*0*0.000000
LET r(0)=1700+30*0*0.000000
*****
SET COLOR MODE "REGULAR"
*****
SET COLOR MIX 250 r,g,b
SET AREA COLOR 250
LET x1=0.275*170000*0.5
LET x2=0.275*170000*0.5
*****
DRAW disk WITH SCALE 50*SHIP(1,1)
NEXT a
DRAW disk WITH SCALE 50*SHIP(1,0)
GOTO 300
210 *****
CLEAN
gload "C:\O\O 2.bmp"
*****
SET HTMAP SIZE 1016,602
SET WINDOW 240,70,100,480
LET a=2.11587158
FOR y=0 TO 180 STEP 1
FOR x=240 TO 240 STEP 1
*****
SET COLOR MODE "NATIVE"
*****
ASK PIXEL VALUE(x,y)
LET c(x)=16*8
LET r1=80700+1,10
LET b1=60600+18,3,1
LET g1=60600+18,4,1
LET a1=60600+18,5,1
LET r1=60600+18,6,1
LET r1=60600+18,7,1
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
NEXT y
FOR x=240 TO 240 STEP 1
FOR y=280 TO 0 STEP 1
*****
SET COLOR MODE "NATIVE"
*****
ASK PIXEL VALUE(x,y)
LET c(x)=16*8
LET r1=80700+1,10
LET b1=60600+18,3,1
LET g1=60600+18,4,1
LET a1=60600+18,5,1
LET r1=60600+18,6,1
LET r1=60600+18,7,1
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
NEXT y
NEXT x
GOTO 300
300 END
*****
FOR a=0 TO 0 STEP 1
LET c(a)=VAL(0)
NEXT a
LET b(0)=1700+30*0*0.000000
LET g(0)=1700+30*0*0.000000
LET r(0)=1700+30*0*0.000000
*****
SET COLOR MODE "REGULAR"
*****
SET COLOR MIX 250 r,g,b
SET AREA COLOR 250
LET x1=0.275*170000*0.5
LET x2=0.275*170000*0.5
*****
DRAW disk WITH SCALE 50*SHIP(1,1)
NEXT a
DRAW disk WITH SCALE 50*SHIP(1,0)
GOTO 300
210 *****
CLEAN
gload "C:\O\O 2.bmp"
*****
SET HTMAP SIZE 1016,602
SET WINDOW 480,500,480,180
LET a=2.11587158
FOR y=0 TO 180 STEP 1
FOR x=480 TO 480 STEP 1
*****
SET COLOR MODE "NATIVE"
*****
ASK PIXEL VALUE(x,y)
LET c(x)=16*8
LET r1=80700+1,10
LET b1=60600+18,3,1
LET g1=60600+18,4,1
LET a1=60600+18,5,1
LET r1=60600+18,6,1
LET r1=60600+18,7,1
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
NEXT y
FOR x=480 TO 480 STEP 1
FOR y=280 TO 0 STEP 1
*****
SET COLOR MODE "NATIVE"
*****
ASK PIXEL VALUE(x,y)
LET c(x)=16*8
LET r1=80700+1,10
LET b1=60600+18,3,1
LET g1=60600+18,4,1
LET a1=60600+18,5,1
LET r1=60600+18,6,1
LET r1=60600+18,7,1
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
LET r1=60600
NEXT y
NEXT x
GOTO 300
300 END
*****
```

このプログラムを実行すると以下のような画像が出力された



#### 4. 考察

4つの歪み絵について制作プログラムが完成し、正しい挙動も確認することができた。これを利用することで任意の画像を好きな歪み絵に変更することができる。

#### 5. 今後の課題

今回完成したプログラムは画像ファイルを選択するにはプログラム内の文字を変えなければならない (gload 命令を書き換えないといけない) ので、外部から画像ファイルを入力できるようにしなければならない。またそれに伴って画像ファイルの大きさによってプログラムの中の座標がずれてしまうという問題があるため、こちらも解決しなければならない。加えて、今回用いた四つの歪み絵以外の歪み絵 (sin カーブ鏡、凹面鏡など) の制作プログラムの作成をする。以上の課題が解決され次第、このプログラムのアプリケーションを作成し誰でも利用できるよう公開する。

#### 6. 参考文献

Francesco de Comite (2010) 『A General Procedure for the Construction of Mirror Anamorphoses Bridges』

Jan W.Marcus(2010) 『Cylinder Anamorphosis of Impossible Structures』

Chadwyck-Healy (1977) 『Anamorphic Art』

大石明憲 (1997) 『「円柱鏡式歪み絵」描画法解明マシーン』