

## 13-4 CADシステムに関する研究

### — 回転体設計のための一方法について —

惠原 要

#### 1 はじめに

今日、CAD (Computer Aided Design) という言葉が一般化してきているが、コンピュータの普及が進む中で図形処理システムの面でも航空機、自動車、家電、繊維等の産業界において利用化が浸透してきているが、マイコン程度の小型コンピュータを用いたCADシステムはまだまだ十分開発がなされていない。今後マイコンの普及がますます広がり、手軽に使われるようになることを考えると、マイコン用のCADシステムのソフトの要求が強まるのは必至のことと考えられる。

今回、中小企業技術指導員養成課程研修6ヶ月コースの一環として、工業技術院製品科学研究所製品性能部デザイン課において研修を受ける機会を得、CADシステムのごく基礎的な研究として、木竹工芸品の設計にも十分利用可能な回転体の設計のためのプログラムを作り、今後の研究のためのステップとした。

具体的な目的は次の2点である。

- (1) 形状設計の支援として(作業の能率化、発想の刺激提供)
- (2) 3次元立体のシミュレーション(完成品の想像図として、また視点を変えて立体形状の把握に役立つ)

#### 2 研究の進め方

研究を進めるに当たっては、段階的に一つづつサブプログラムを組んでいき、それらを組み合わせて一つのまとまったプログラムとした。

入力の方法も、当初はキーボードから座標値を入力し後には作業を早めるためにライトペンにより位置を指定して座標値を入力した。

以下に、段階的に進めたプログラム等について記す。

- (1) 直線、多角形の作図(発生)演習
- (2) 多角形の移動
- (3) 多角形のスケール
- (4) 多角形の回転(X軸回り、Y軸回り、Z軸回り)
- (5) 移動、スケール、回転のプログラムの一本化(以上、キーボードより座標値入力)
- (6) ライトペンからの入力による作図(移動、スケール、回転)
- (7) ワイヤフレームモデル(回転体)の作図(輪郭は折線)
- (8) BEZIER曲線の作図

(9) BEZIER 曲線を断面輪郭とした回転体のワイヤフレームモデルの作図

(10) 回転体設計の演習

#### 3 理論(座標変換)

3次元空間における図形の移動、回転、スケールは座標の変換によって行なうことが出来る。

座標の変換は行列の計算式、すなわちそれぞれ以下の計算式によってなされる。

$x$ : 変換前の  $x$  座標値       $x'$ : 変換後の  $x'$  座標値

$y$ :        "     $y$     "       $y'$ :        "     $y'$     "

$z$ :        "     $z$     "       $z'$ :        "     $z'$     "

(1) 移動 TRANSLATION

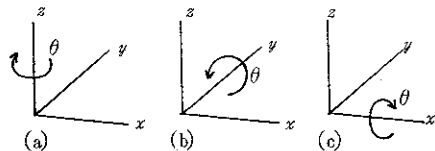
$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ T_x & T_y & T_z & 1 \end{bmatrix}$$

$T_x$ :  $x$ 座標の移動量

$T_y$ :  $y$         "        "

$T_z$ :  $z$         "        "

(2) 回転 ROTATION



$x$ 軸に対する回転

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$y$ 軸に対する回転

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & \sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$z$ 軸に対する回転

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & \sin\theta & -\cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$\theta$ : 回転角度

(3) スケール(拡大縮小) SCALING

$$\begin{bmatrix} x' & y' & z' & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & z & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$S_x$ :  $x$ 座標に対する拡大率

$S_y$ :  $y$         "        "

$S_z$ :  $z$         "        "

#### 4 使用機器

沖IF800 モデル30仕様

- (1) cpu z-80 cpu  
clock 周波数 4,9152 MHZ
- (2) メインメモリ  
使用素子 64KBITS/CHIP ダイナミックRAM  
容量 128KBYTE 実装 (標準)  
256KBYTE 実装 (最大)
- (3) CRT及びCRTインターフェース  
画面 12インチカラー  
グラフィック機能 640×400ドット

#### 5 プログラム実行例

最終的に出来上がったプログラムで実際に回転体等を作図させた例を以下に記す。

- (1) 直線より成る断面を持つ回転体のワイヤーフレームモデル

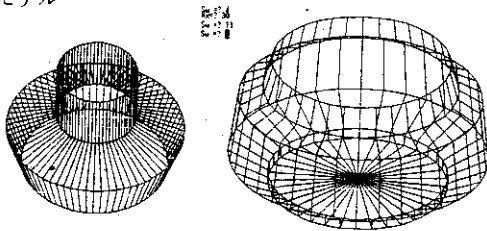


図 1

- (2) ベーゼ (BEZIER) 曲線

3点以上のコントロールポイントの位置を入力することによりベーゼ曲線が発生する (得られる)  
複雑なカーブを得るには、コントロールポイントの数が多く必要となる。

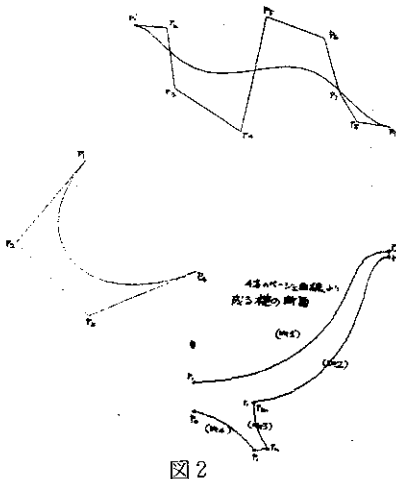
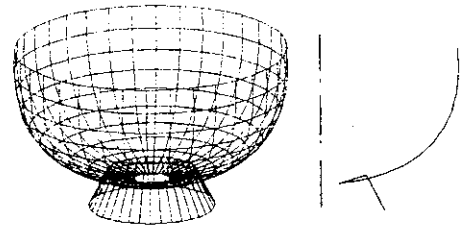
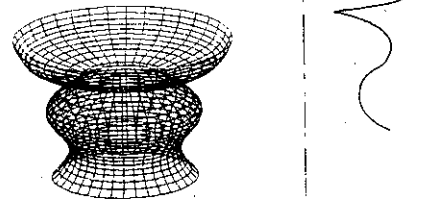


図 2

- (3) ベーゼ曲線より得られた断面線を持つ回転体



( BEZIER曲線と直線 )



( 2本のBEZIER曲線 )

図 3

- (4) 観察視点の高さを変化させることにより物体の見え方が変化する様子とその断面図

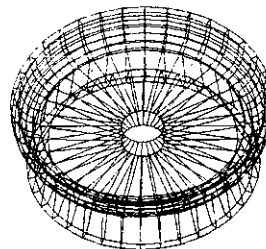
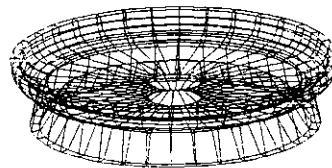
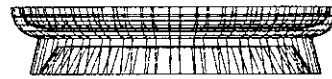


図 4

(5) 緯線の数を多くとることにより面の実在感が増す

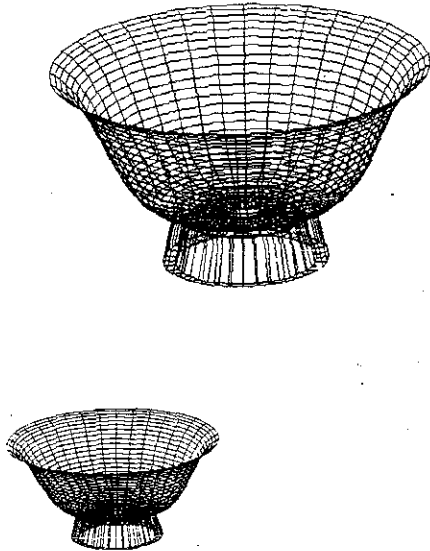


図 5

(6) 内側面と外側面の両面を作図させることにより、肉厚を持たせる

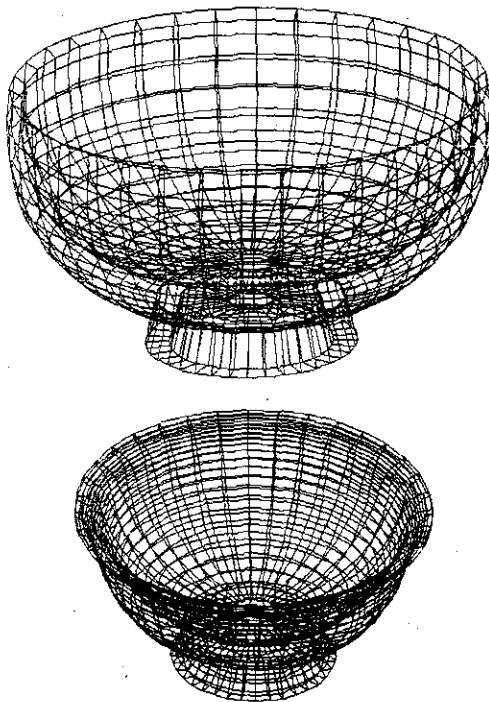


図 6

## 6 考 察

ベーシック原語とマイクロコンピュータという組合せで研究を進めてきたが、演算スピードが遅く、回転体の経線（バージェ曲線）一本一本を引く間隔は5～15秒であり、10きざみの経線で回転体を作図する場合3～10分程度の時間を要する。これを速くするために、機械語によるプログラムが必要と考える。

バージェ曲線については、コントロールポイントを通らない曲線を発生するため設計者の意図する曲線を得るには時間と熟練を要し、慣れるまでは偶然性に頼るところが大きい。反面、思いがけず設計者を満足させる曲線が得られることもあり、ある面では設計に有効であると考える。

当面の課題として、曲線の部分修正、曲線再現のためのデータのファイル等のプログラム作成が考えられる。

今後、次の製品への設計利用が期待できると考える。

- (1)木工ろくろ製品 椀、盆、杯、高杯、菓子皿、菓子鉢、茶托、銘々皿、壺、花器、木製引手
- (2)竹編組製品 盛器、籠、花器、大皿、スツール、丸テーブル、ランプシェード

## おわりに

4週間という限られた期間であったため、多くの課題が残されたが、それなりの成果は得られたものと確信する。この研究にあたって、多大なる御指導をいただきました広谷豊史氏をはじめ製品科学研究所デザイン課の皆様深く感謝します。

## 参考文献

- (1) Principles of Interactive Computer Graphics  
William M. Newman, Robert F. Sproull  
Mc Graw Hill Book Co.,
- (2) コンピュータグラフィックス Devid F. Rogers  
J. Alan Adams  
山口富士夫訳 日刊工業新聞社