

# Free Curves

2004 Autumn  
箕原辰夫

## ■点と線と面

点が移動すると線になる  
線が移動すると面になる

パウルクレー：

気ままに動く線（動因子は移動する点）を自由曲線、あるいは能動的な線と呼ぶ。

決められた頂点の間を動く能動的な線もある

中間線：点運動と平面効果の中間にあるような線、枠を示し始める

受動的な線：平面を作る活動から生じる。進みつつある線。

カンディンスキー：

交差する線、折れ線において、点が生じる、点力が持っている

角とその響き

線の対立物

直線と曲線の緊張

直線と曲線は、根源的に対立するような一対の線である

面の対立物

## ■線の種類

線の材質による分類

線の形態による分類

→直線・曲線

→交わらない線（直線の平行線）

接する線（包絡線・折れ線・集中線など）

交差する線（直交・斜交など）

→開いた線（弧・渦巻き・サインカーブ・放物線・双曲線・懸垂線など）

閉じた線（円・楕円・心臓形など）

## ■自由曲線

2つの点を結ぶ1本の線には無数のバリエーションがある。ソウル・スタインバーグの作例。

線に内在する点

比例・プロポーション

線の強度

線のリズム

1本の線の作る空間

輪郭線

線の交差

枠

線で作るイリュージョン（ハッチング）

パラレル・クロス・ダブルクロス・コントロール・コントロールクロス

面積と境界における線

線の点化／点の線化

線の面化

## ■参考図書

・教育スケッチブック、パウルクレー、バウハウス叢書2、中央公論美術出版

- ・点と線から面へ、カンディンスキー、バウハウス叢書 9、中央公論美術出版
- ・造形の基礎を学ぶ、藤村克裕、美と創作シリーズ・京都造形芸術大学編、角川書店
- ・ヴィジュアルデザイン1、平面・色彩・立体構成、日本グラフィックデザイナー協会教育委員会編、六曜社

## ■コンピュータグラフィックスで使われる複合曲線

パラメトリック曲線：媒介変数のパラメータ (tとすると)、 $C=F(t)$ で表される曲線

複合曲線：適当なパラメータ区間によって曲線を表す。そして、それらの曲線を繋ぎ、1本の曲線を表現する。

次数：曲線を媒介変数の多項式で表すときの、多項式の次数。次数が高くなるほど、より豊かな表現ができる。

このような曲線としては、次の曲線がよく利用されている。

- ・エルミート (Hermite) 曲線
- ・ベジエ (Bézier) 曲線
- ・B スプライン (Beta-Spline) 曲線
- ・有理ベジエ (Rational Bézier) 曲線
- ・NURBS (Non Uniform Rational Beta-Spline : 非一様有理 B スプライン) 曲線

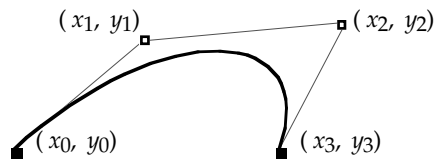
## ■ベジエ曲線

制御点 (Control-Point) と呼ばれる複数の点に基づく多項式で定義され、パラメータ t を 0 から 1 まで変化させる。ベジエ曲線  $P(t)$  は、制御点の重みが連続的に変化して構成される。

ベジエ曲線の多項式は、3 次までがよく用いられ、3 次のベジエ曲線をバーンスタイン曲線と呼ぶことがある。

Illustrator でも、3 次のベジエ曲線が用いられている。n 次のベジエ曲線を表すには、n+1 個の制御点が必要である。3 次の場合には、4 個必要となる。

3 次のベジエ曲線の場合の方程式と、各頂点 (制御点) について以下のような式で計算する。



$$x(t) = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + x_0$$

$$y(t) = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + y_0$$

$$x_1 = x_0 + c_x / 3$$

$$x_2 = x_1 + (c_x + b_x) / 3$$

$$x_3 = x_0 + c_x + b_x + a_x$$

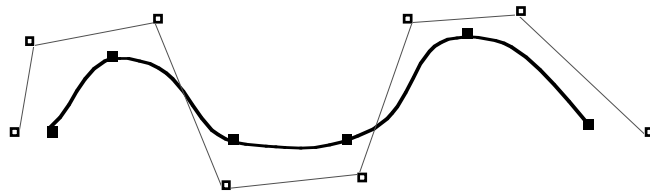
$$y_1 = y_0 + c_y / 3$$

$$y_2 = y_1 + (c_y + b_y) / 3$$

$$y_3 = y_0 + c_y + b_y + a_y$$

## ■B スプライン曲線

B スプライン曲線にも、n 次の多項式で表される。2 次か 3 次が用いられることが多い。制御点に対する曲線上の頂点のことをノット (結び目という意味) と呼ぶ。ノットの間隔を一定にしたものを一様 B スプライン曲線と呼ぶ。一定でないものは、非一様 B スプライン曲線。



### ★ベジエ曲線とスプライン曲線の違い

ベジエ曲線では、美しい曲線が得られるが、複合曲線を形成するときに、曲線と曲線の繋がりがうまくいかない場合もある。スプライン曲線は、直線間の補完として考えられているので、曲線同士の繋がりは良い。また、ノットの個数によって、次数が変わらないので、ノットを追加すれば微妙なカーブを表現できる。

## ■有理複合曲線

有理ベジエ曲線や、NURBS (有理 B スプライン) 曲線は、それぞれベジエ曲線の制御点、あるいは B スプライン

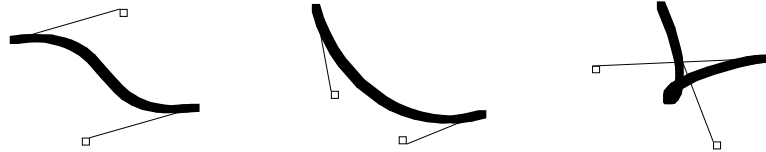
曲線の各制御点やノットに重み { $\omega$ } を追加したもの。表現の幅が広がる。NURBS曲線をベースとした、NURBS (ナーブズ) 曲面は、3次元CGなどで広く用いられている。有理ベジェ曲線や、NURBS曲線の場合は、円や楕円、放物線を正確に再現できる。

#### ■参考文献

- ・技術編 CG標準テキストブック、CG-ARTS協会
- ・PostScript™ Language Reference Manual、Adobe System Inc.、Addison-Wesley

#### ■Illustratorにおけるベジエ曲線の描き方について

ベジエ曲線…2つの頂点（アンカーポイント）とハンドルから構成される。アンカーポイントとハンドルの間の線のことを方向線と呼ぶ。1つの曲線のことをパスとも呼ぶ。



★ペンツール（状況に応じてカーソルの形が微妙に変化する）を使っての描画方法：

頂点（アンカーポイント）を単にクリックしていくと直線用のものに（多角形に）

Shiftキーを押しながら、次の頂点をクリックすると、水平/垂直の位置に置かれる。

頂点をドラッグすると曲線用のものに（方向線がでてくる、この頂点をスムーズポイントとも言う）

頂点を再度Optionキーを押しながらドラッグすると角がある曲線（コーナーポイント）用のものに

ドラッグするときに、Shiftキーを押すと、水平/垂直方向に、方向線を出せる。

閉曲線にする…最初の頂点（持っていくとカーソルに小さいOが表示される）をクリック/ドラッグ

オープンパスにする…選択ツールに切り替えて（Commandを押す）何もないところをクリック

★直線と曲線をつなげた描画

頂点をクリックして、再度その頂点をドラッグする

→直線から曲線へ

頂点でドラッグしてから、再度その頂点をクリックする

→曲線から直線へ

★角のある曲線（コーナーポイント）の描画

頂点でドラッグして、Optionキーを押しながらドラッグする

★以前に描画したパスに追加して描画したい

ペンツールを選び、以前に描いた曲線の端点上に持っていき、この場合、ペンのカーソルの右下にスラッシュ/が表示される。

→ここでクリック（あるいはスムーズポイントの場合はドラッグ）して、パスに線を追加していくことができる。

★練習しよう

b、扇形、葉っぱ形、のこぎり、雲形、6、0、8、Q、B、D、P、R、2、3、波

などを描いてみる

繰り返される波線を描くときには上下中央に3本のグリッド線を引いておき、ロックなどで編集できないようにする。

#### ■パスの後からの修正

★ダイレクト選択ツール（白い矢印）

既にオブジェクトが選択されている→選択ツールと同じ

曲線上の頂点を選択する→その頂点（アンカーポイント）を操作  
曲線を選択する→その曲線に関する操作

#### ★ベジェ曲線修正で使うツール

方向線切り替えツール、アンカーポイントの追加／削除ツール

これらのツールやダイレクト選択ツールで後から編集できるので、描画時は少し乱れていても気にせず曲線を描いていくこと

#### ★頂点の編集

頂点の移動

四角のハンドルの移動

頂点のハンドルをなくす…頂点上にハンドルをドラッグイン

頂点のハンドルを出す…方向点切替えツールを使って頂点からドラッグアウト

頂点で折り返す…方向点切替えツールを使ってハンドルをドラッグ

頂点の追加…追加ツール（ペンマークに+ボタンがついたもの）

頂点の削除…頂点をクリックしてDeleteか、削除ツール（ペンマークに-ボタン）

#### ■その他の重要なツール

##### 鉛筆ツール

→手描き感のある曲線を描きたいときに使う。ただし、不要な頂点が一掃できやすいことが難点である。鉛筆ツールを使ってラフに描き、その後は頂点を減らし、それに伴い残された頂点の方向線を編集していくという操作を行なう。

##### スムーズツール

→鉛筆ツールなどで描いた、不要な頂点が一掃できたときに、頂点数を減らしたり（場合によっては追加されるが）して曲線を滑らかにしていくために使われる。既に描いた曲線の上（あるいは近く）で、曲線を描くようにする。

##### 消しゴムツール

→パスの途中の曲線を取りたいときに使う。曲線のパスをドラッグする。その部分の曲線が取られる。取り去られた曲線の両端は、別々の2つのパスとして分離される。

##### はさみツール

→パスの途中で切りたいときに使う。曲線あるいは線のパス上をクリックする。切られた部分に端点が両方のパスに対して設けられる。

##### カッターツール

→四角形などの面積のあるオブジェクトに対して切り裂きたいときに使う。

##### パスの平均化

→[オブジェクト]メニューから。頂点に対して、ダイレクト選択ツールで選んでおく。複数の頂点を選ぶときは、Shiftキーを押しながらクリックなどをする。これらの選択された頂点の水平・垂直を揃えたいときに用いる。同一の場所に2つの点を置きたいときは「2軸とも」を選択する。

##### パスの連結

→[オブジェクト]メニューから。2つのパスの端点となっている（2つの）頂点間を結んで1つのパスにする。あるいは、これらの端点を、パスの平均化で揃えておいてから、この操作を行なう。いずれにせよ、2つの端点をあらかじめ、ダイレクト選択ツールで選んでおく。

なお、パスの連結のときに、パスの平均などで揃えられた同一場所の端点の場合、スムーズポイントにするか、コーナーポイントにするかダイアログで尋ねてくる場合がある。また、グループ化されている

オブジェクトのパスなどの場合、連結ができないというメッセージが表示される。このときは、グループ化を解除するなどの操作を行なう。2つ以上の点を選んだり、端点以外の頂点が選ばれている場合も、そのようなメッセージが出るので、拡大表示して確かめる。

#### パスファインダ

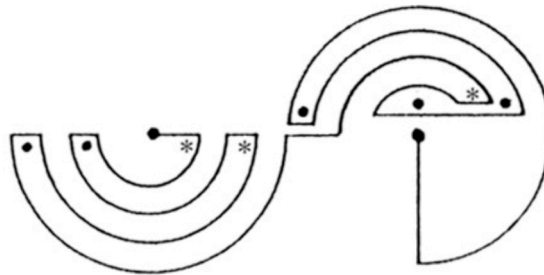
→「ウィンドウ」メニューで、「パスファインダ」を選びフローティングパレットに表示する。

複数のパスや、オブジェクトに対して機能する。

合成（合体・交差・中窓・前面／背面オブジェクトで型抜き）、  
分割、合流、刈り込み、切り抜き、アウトラインなどが行なえる。  
輪郭線を作るためによく使われる。

#### ★練習しよう

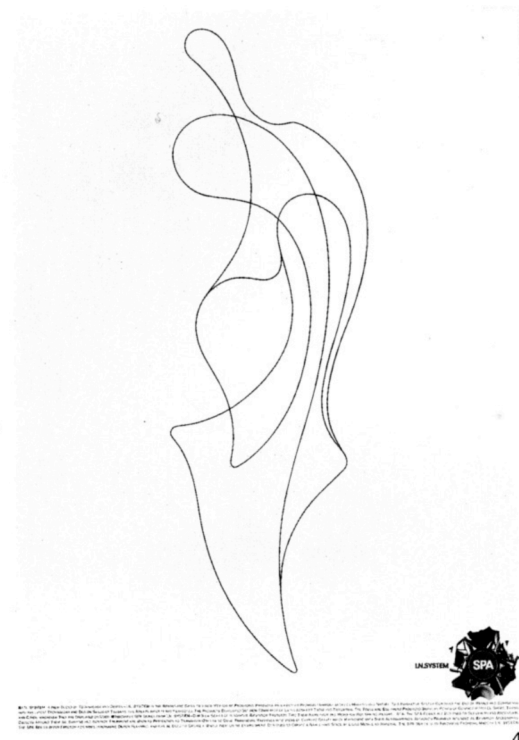
以下のソウル・スタインバーグの作例を自分で作ってみよう。



1-6

#### ★練習しよう

以下の佐藤卓のポスターの曲線を描いてみよう。



#### ■参考資料

- ・ Adobe Illustrator 10 for Macintosh、Mycom Mook MacFan Special 20、毎日コミュニケーションズ
- ・ ベジエ曲線ドリル（Illustratorで学ぶ）、中村高之、ラピュータ、4-947752-09-2

## ■Illustratorにおいてsvgzファイルを作成する方法

SVGあるいは、そのデータ圧縮版のSVGZ形式のファイルは、ベクトル形式のファイルになっているので、Webで見るときに、画面の解像度に制限されることがなく、細部まで詳細に見ることが可能である。

インターネット上にある、SVG形式あるいは、SVGZ形式のファイルを見るために、AdobeはSVGViewerというプラグインを用意している。このSVGViewerの実働性の点から言えば、SVGZ形式ファイルの方が実際に見ることができる環境にあると言える。Illustratorが、SVG・SVGZ形式のファイルを出力できるようになったのは、9.0版からである。

Illustratorのファイルメニューから、「複製を保存（別名で保存）」を選び、保存ダイアログ上で、ポップアップメニューの中から、「svgzファイルで保存」を選ぶ。

## ■課題

以下のカルダールの針金細工をIllustratorで模写せよ。SVGZ形式のベクター画像に変換し、指定のフォルダ（public\_html/designworks/）に保存し、Web上に公開せよ。なお、ファイル名は以下のような形にする。自分で見れるか、一度確認せよ。ファイル名の名前の部分は、「名姓」の順番とする。

calder\_名前.svgz

例：calder\_TakashiHattori.svgz

メールで担当者にURLを報告されたい。URLの報告は、次回の授業開始前までとする。また、授業の感想なども併せて報告されたい。感想はすべて読んでおります。

宛先： minohara@sfc.keio.ac.jp

表題： designb-4

