

Graphics with Processing



2024-02 基本図形と曲線

<https://vilab.org>

塩澤秀和

2.1 変数と制御構造 (Javaと同じ)

データ型

- int, float, byte
 - 数値
 - 実数はfloatが標準
 - Javaに符号なし整数はない
- boolean
 - 真偽値(Yes/No)
 - 定数: true(真), false(偽)
- char
 - 文字(UTF-16)
 - `char ch = 'あ'`
- String
 - 文字列
 - `String str = "あいうえお"`
 - 文字列は+演算子で連結できる

制御構造

- if-else
- switch-case
 - 条件分岐
- for, while
 - ループ(繰り返し)
 - do-whileは(一応)ない
- break
 - ループ中断

演算子

- 関係演算子
 - `== != < > <= >=`
- 論理演算子
 - `|| (OR) && (AND) ! (NOT)` ₂

2.2 基本図形

図形描画関数

- `point()`, `line()`, `rect()`
 - 点, 直線, 長方形(既出)
- `triangle(x1, y1, x2, y2, x3, y3)`
 - 三角形と四角形
- `quad(x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4)`
 - 三角形と四角形
- `circle(x, y, 直径)`
- `ellipse(x, y, 幅, 高さ)`
 - 円と楕円(半径モードも可能)
- `arc(x, y, 幅, 高さ, 開始角, 終了角)`
 - 弧(角度の単位はラジアン)
 - 円周率として定数PIが使える

描画色

- `stroke()`, `strokeWeight()`
 - 線の色と太さ(既出)
- `noStroke()`
 - 境界線を描画しない
- `fill(色)`
 - 塗りつぶしの色を設定
 - `noFill()`で塗りつぶしなし

図形の基準位置

- `rectMode(モード)`
- `ellipseMode(モード)`
 - 左上座標で指定: CORNER
 - 中心座標で指定: CENTER
 - 中心座標と半径: RADIUS

2.3 曲線の表現形式

曲線の数式表現 (p.72)

□ 陽関数形式

- $y = f(x)$ 型

- 例) $y = \sqrt{r^2 - x^2}$

□ 陰関数形式

- $f(x, y) = 0$ 型

- 並列処理や衝突判定には向く

- 例) $x^2 + y^2 - r^2 = 0$

□ パラメータ(媒介変数)形式

- $x = f(t), y = g(t)$ 型

- 変数 t の変化による軌跡

- 例)
$$\begin{cases} x = r \cos(t) \\ y = r \sin(t) \end{cases}$$

パラメトリック曲線 (p.76)

□ パラメータ形式による曲線

- 滑らかで複雑な曲線を描ける
- 曲線を点列に分解して扱いやすい

□ 通過点による曲線(補間曲線)

- Ferguson曲線
- Catmull-Rom曲線

□ 制御点(アンカー点)による曲線

- Bezier曲線
- Bスプライン曲線
- CGモデリングで広く用いられる

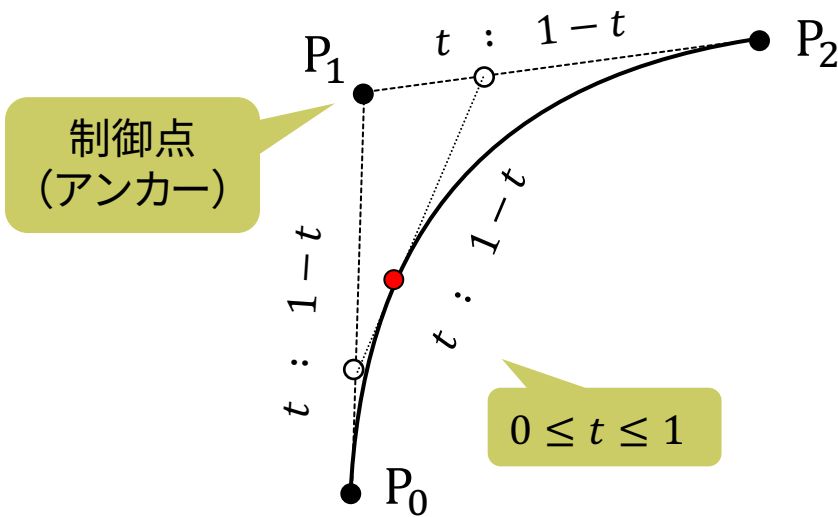
□ 重み付き制御点による曲線

- 有理Bezier曲線
- NURBS曲線(Non-Uniform Rational B-Spline)

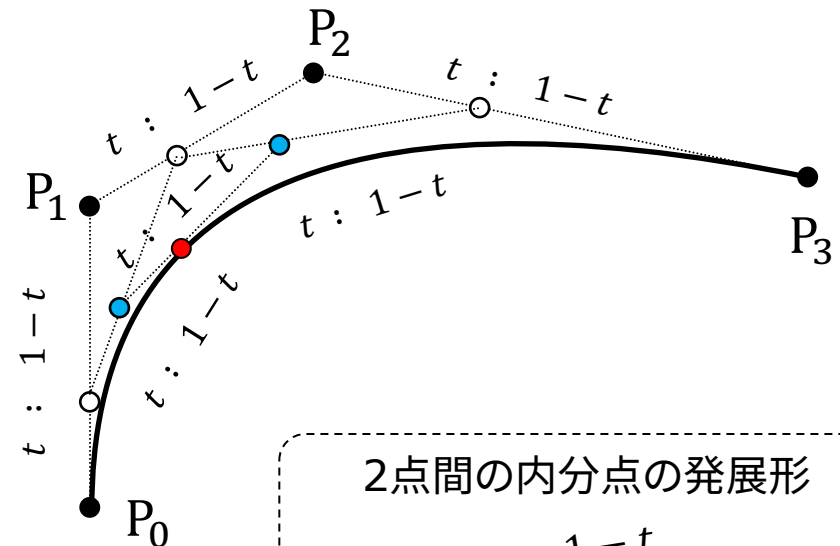
2.4* 制御点による曲線

ベジエ曲線 (p.77)

□ 2次ベジエ曲線



□ 3次ベジエ曲線



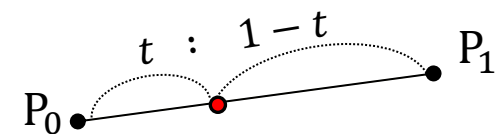
□ 制御点による曲線の基本形

$$P(t) = b_0(t)P_0 + b_1(t)P_1 + \cdots + b_n(t)P_n$$

$$b_0(t) + b_1(t) + \cdots + b_n(t) = 1 \quad (0 \leq t \leq 1)$$

こうすると、 b の値によって各点に近づく ($b_0 = 1$ のとき P_0 , $b_n = 1$ のとき P_n)

2点間の内分点の発展形



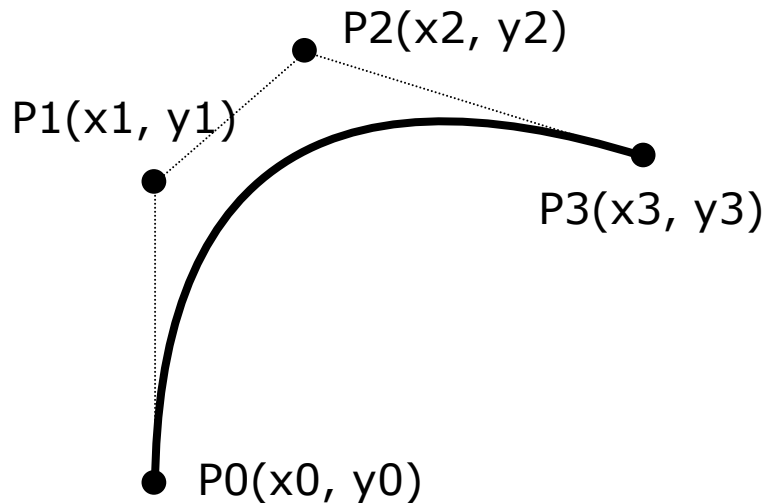
$$P = (1-t)P_0 + tP_1$$

$t = 0.5$ なら中点

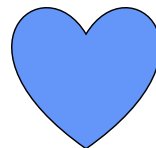
2.5* Bezier曲線

ベジエ曲線(3次)の描画

- `bezier(x0, y0, x1, y1, x2, y2, x3, y3)`



- 単純な数式で自然な曲線
- [サンプル]→[Basics]→[Form]→[Bezier]
- `noFill()`で塗りつぶしなし
- 色々な形を描いてみよう



ベジエ曲線の数式表現

- 2次ベジエ曲線(3点)

- 内分点の式を3回使って求める

$$P(t) = (1 - t)^2 P_0 + 2t(1 - t)P_1 + t^2 P_2$$

- 3次ベジエ曲線(4点)

- CGでは3次の曲線が一般的

$$P(t) = (1 - t)^3 P_0 + 3t(1 - t)^2 P_1 + 3t^2(1 - t)P_2 + t^3 P_3$$

- n次ベジエ曲線(n+1点)

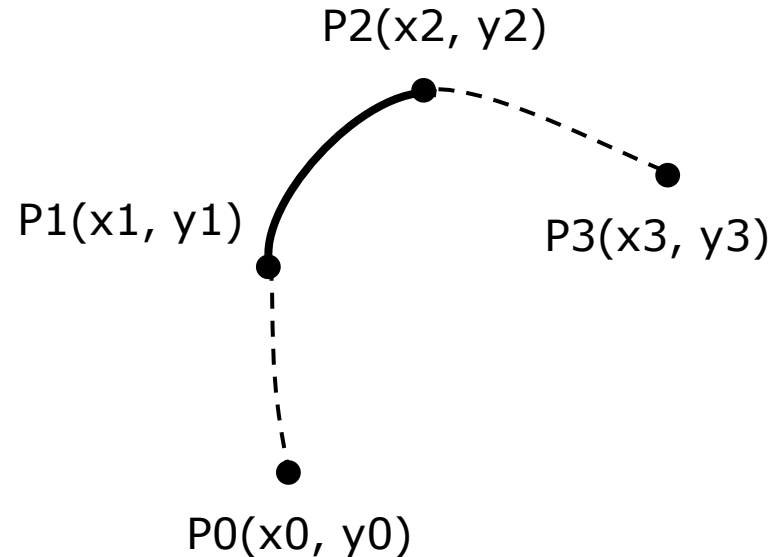
- 係数 $b_k(t)$ は $(1 - t) + t$ を n 乗したときの各項になる
- バーンスタイン基底関数という

$$b_k(t) = {}_n C_k t^k (1 - t)^{n-k}$$

2.6 補間曲線

補間曲線の描画

- `curve(x0, y0, x1, y1, x2, y2, x3, y3)`
 - 4点を滑らかに補間し、真ん中の2点を結ぶ曲線を描く
 - 座標を共有すると、前後の曲線が滑らかにつながる
 - Catmull-Romスプライン曲線



□ Catmull-Rom曲線の数式

- 3次のスプライン曲線 ($0 \leq t \leq 1$ で描画)

$$\begin{aligned}
 P(t) &= \frac{1}{2} [(-t^3 + 2t^2 - t)P_0 + (3t^3 - 5t + 2)P_1 + (-3t^3 + 4t^2 + t)P_2 + (t^3 - t^2)P_3] \\
 &= \frac{1}{2} [(-P_0 + 3P_1 - 3P_2 + P_3)t^3 + (2P_0 - 5P_1 + 4P_2 - P_3)t^2 + (-P_0 + P_2)t + 2P_1]
 \end{aligned}$$

t に値を代入すると $P(-1) = P_0$, $P(0) = P_1$, $P(1) = P_2$, $P(2) = P_3$ となる

2.7 自作関数と組み込み関数

自作関数(メソッド)

□ JavaやCと同様

```
戻り値の型 関数名(引数, ...) {  
    処理手順  
    ...  
    return 戻り値;  
}
```

数学関数

- `sqrt(値)`
 - 平方根 \sqrt{x}
- `pow(x, y)`
 - x の y 乗
- `dist(x1, y1, x2, y2)`
 - 2点間の距離
- `constrain(式, 最小, 最大)`
 - 式の値を範囲内に収める

三角関数

- `sin(角度), cos(角度), ...`
- `atan2(y, x)`
 - x 軸とベクトル(x, y)の成す角
- `radians(deg), degrees(rad)`
 - 度 \leftrightarrow ラジアンの変換関数

時刻関数

- `year(), month(), day()`
- `hour(), minute(), second()`

乱数関数

- `random(最小値, 最大値)`
 - 乱数の発生(float型)
- `randomSeed(種)`
 - 乱数の準備
 - 種は関数 `millis()` などを使う

2.8 演習課題

課題

- Bezier曲線を含む図形をfor文で繰り返し描画し、きれいな模様を描くプログラムを作成せよ
 - 条件: 1つはfor文があり、その中に1つはbezierが含まれる
 - 工夫の例: 座標や色を乱数や三角関数で生成する / 変化量を角度にして放射状の形を描く
- 提出について
 - [ファイル]メニュー→[設定]で日本語のフォントも選べる
 - プログラム冒頭にも氏名を記入
 - 画像は必要な部分だけ提出
 - 毎回、よくできた作品は授業中に紹介してボーナス点!

参考プログラム

```
void setup() {  
  size(600, 400);  
  noLoop(); // アニメーションは不要  
  randomSeed(millis());  
}  
  
void draw() {  
  background(240, 240, 255);  
  for (int x = 0; x < 600; x += 50) {  
    for (int y = 0; y < 400; y += 50) {  
      fill(random(255), random(255),  
           random(255));  
      noStroke();  
      // forの中に1つはbezierを入れる  
      quad(x, y, x + 50, y, x + 50,  
           y + 25, x, y + 50);  
    }  
  }  
}
```