コンピューターグラフィックス基礎 第 6 回課題

情報メディア創生学類 3 年 202313625 藤川興昌

実行環境

- Ubuntu 22.04.3 LTS
- gcc version 11.4.0

課題 1

ソースコード

```
#include <cstdlib>
#include <cmath>
#include <vector>
#include <GL/glut.h>
#include <stdio.h>

// 2次元ベクトルを扱うためのクラス
class Vector2d {
public:
        double x, y;
        Vector2d() { x = y = 0; }
        Vector2d(double _x, double _y) { x = _x; y = _y; }
        void set(double _x, double _y) { x = _x; y = _y; }

        // 長さを1に正規化する
        void normalize() {
                double len = length();
                x /= len; y /= len;
        }

        // 長さを返す
        double length() { return sqrt(x * x + y * y); }

        // s倍する
        void scale(const double s) { x *= s; y *= s; }

        // 加算の定義
        Vector2d operator+(Vector2d v) { return Vector2d(x + v.x, y + v.y);
```

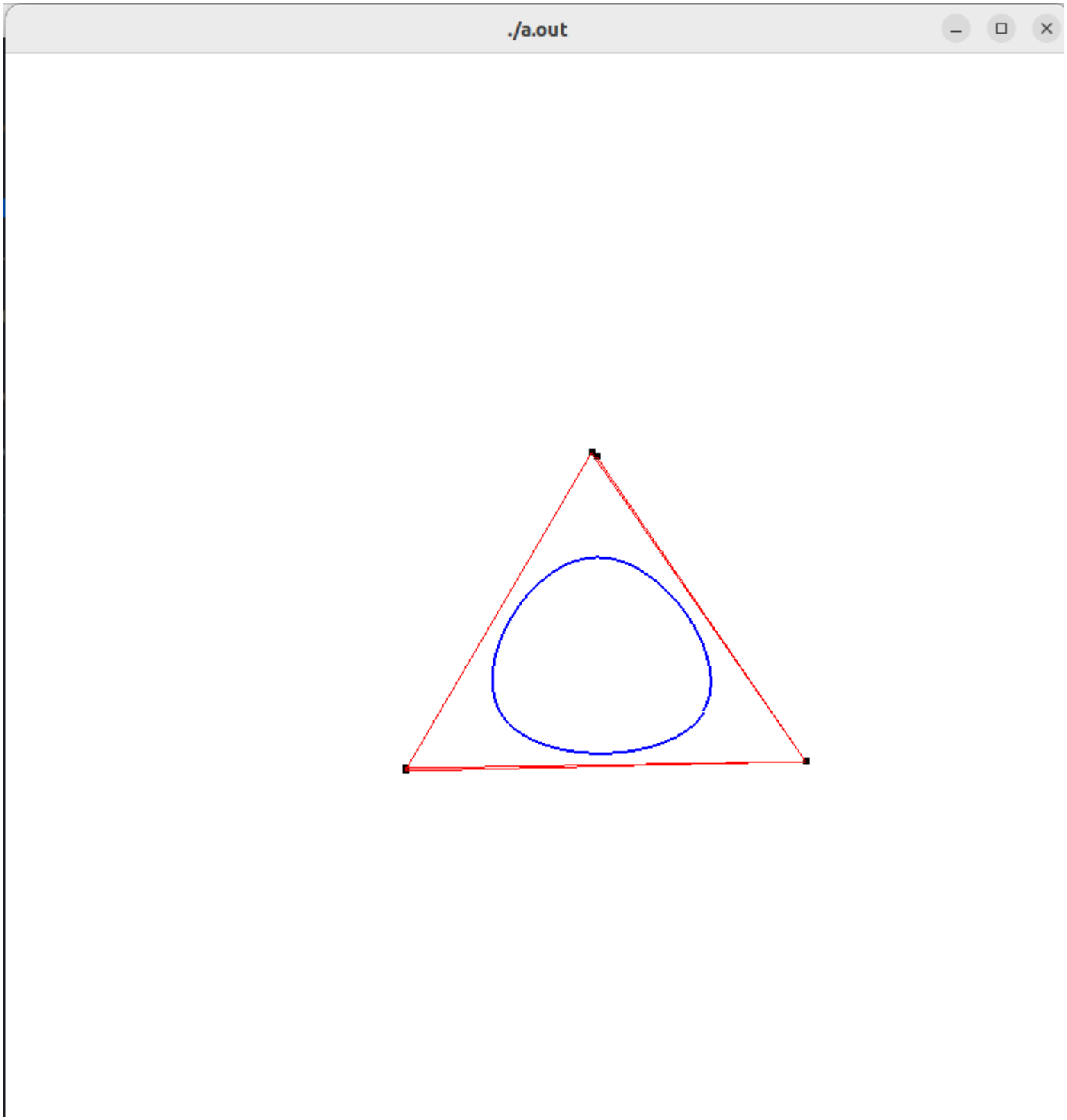
```
}

        // 減算の定義
        Vector2d operator-(Vector2d v) { return Vector2d(x - v.x, y - v.y);
}

        // 内積の定義
        double operator*(Vector2d v) { return x * v.x + y* v.y; }

        // 代入演算の定義
        Vector2d& operator=(const Vector2d& v){ x = v.x; y = v.y; return
(*this); }

        // 加算代入の定義
        Vector2d& operator+=(const Vector2d& v) { x += v.x; y += v.y; return
(*this); }

        // 減算代入の定義
        Vector2d& operator-=(const Vector2d& v) { x -= v.x; y -= v.y; return
(*this); }

        // 値を出力する
        void print() { printf("Vector2d(%f %f)\n", x, y); }
};

// マイナスの符号の付いたベクトルを扱えるようにするための定義 例：b=(-a); のように記述で
きる
Vector2d operator-( const Vector2d& v ) { return( Vector2d( -v.x, -v.y ) );
}

// ベクトルと実数の積を扱えるようにするための定義 例： c=5*a+2*b; c=b*3; のように記述で
きる
Vector2d operator*( const double& k, const Vector2d& v ) { return( Vector2d(
k*v.x, k*v.y ) );}
Vector2d operator*( const Vector2d& v, const double& k ) { return( Vector2d(
v.x*k, v.y*k ) );}

// ベクトルを実数で割る操作を扱えるようにするための定義 例： c=a/2.3; のように記述できる
Vector2d operator/( const Vector2d& v, const double& k ) { return( Vector2d(
v.x/k, v.y/k ) );}

//
==========================================================================
====================


std::vector<Vector2d> g_ControlPoints; // 制御点を格納する

// ノットベクトルの要素数 （参考書にあわせて、要素数は10としている）
const int NUM_NOT = 10;

// ノットベクトル
// この配列の値を変更することで基底関数が変化する。その結果として形が変わる。
// 下の例では、一定間隔で値が変化するので、「一様Bスプライン曲線」となる
double g_NotVector[] = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9};
```

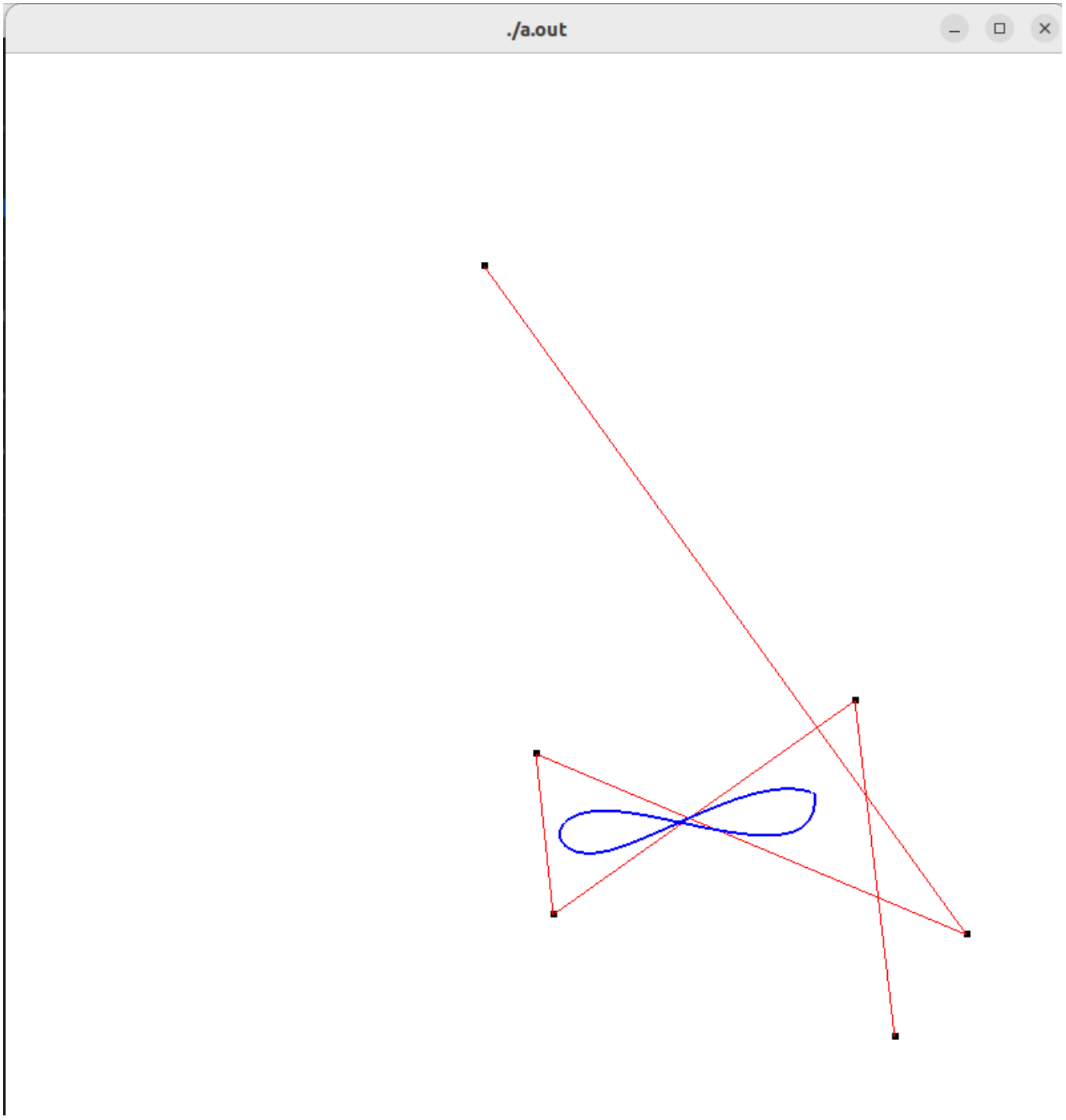
```
// 基底関数 N{i,n}(t)の値を計算する
double getBaseN(int i, int n, double t) {
	if( n == 0 ) {
		// n が 0 の時だけ t の値に応じて 0 または 1 を返す
		if( t >= g_NotVector[i] && t < g_NotVector[i+1] ) {
			return 1.0;
		}
		return 0;
	} else {
		// ★ここに必要なプログラムコードを記述する
		// ★再帰（自分自身の関数 getBaseN を呼ぶ処理が必要）
		// ★係数を計算するときに、ノットが重なる（分母がゼロとなる）ときには、
その項を無視する。
		double a = (t - g_NotVector[i]) / (g_NotVector[i+n] -
g_NotVector[i]);
	double b = (g_NotVector[i+n+1] - t) / (g_NotVector[i+n+1] -
g_NotVector[i+1]);

	return a * getBaseN(i, n-1, t) + b * getBaseN(i+1, n-1, t);
	}
}

// 表示部分をこの関数で記入
void display(void) {
	glClearColor (1.0, 1.0, 1.0, 1.0);  // 消去色指定
	glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT );     // 画面消去

	// 制御点の描画
	glPointSize(5);
	glColor3d(0.0, 0.0, 0.0);
	glBegin(GL_POINTS);
	for(unsigned int i = 0; i < g_ControlPoints.size(); i++) {
		glVertex2d(g_ControlPoints[i].x, g_ControlPoints[i].y);
	}
	glEnd();

	// 制御点を結ぶ線分の描画
	glColor3d(1.0, 0.0, 0.0);
	glLineWidth(1);
	glBegin(GL_LINE_STRIP);
	for(unsigned int i = 0; i < g_ControlPoints.size(); i++) {
		glVertex2d(g_ControlPoints[i].x, g_ControlPoints[i].y);
	}
	glEnd();

	// ★ ここにBスプライン曲線を描画するプログラムコードを入れる
	// ヒント1: 3次Bスプラインの場合は制御点を4つ入れるまでは何も描けない
	// ヒント2: パラメータtの値の取り得る範囲に注意
	if(g_ControlPoints.size() > 3){
		glColor3d(0.0, 0.0, 1.0);
		glLineWidth(2);
		glBegin(GL_LINE_STRIP);
		for (double t = 3; t <= g_ControlPoints.size(); t+=0.01){
			Vector2d pt;
			for (int i = 0; i < g_ControlPoints.size(); i++) {
				pt += getBaseN(i, 3, t) *
g_ControlPoints[i];
```

```
                        }
                        glVertex2d(pt.x, pt.y);
                }
                glEnd();
        }

        glutSwapBuffers();
}

void resizeWindow(int w, int h) {
        h = (h == 0) ? 1 : h;
        glViewport(0, 0, w, h);

        glMatrixMode(GL_PROJECTION);
        glLoadIdentity();

        // ウィンドウ内の座標系設定
        // マウスクリックの座標と描画座標が一致するような正投影
        glOrtho(0, w, h, 0, -10, 10);

        glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
}

// キーボードイベント処理
void keyboard(unsigned char key, int x, int y) {
        switch (key) {
        case 'q':
        case 'Q':
        case '\033':
                exit(0);  /* '\033' は ESC の ASCII コード */
        default:
                break;
        }
        glutPostRedisplay();
}

// マウスイベント処理
void mouse(int button, int state, int x, int y) {
        if(state == GLUT_DOWN) {
                switch (button) {
                case GLUT_LEFT_BUTTON:
                        // クリックした位置に制御点を追加
                        // ノット数を増やせばいくらでも制御点を追加できるが、今回は
NUM_NOTの値で固定されているので
                        // いくらでも追加できるわけではない
                        if(g_ControlPoints.size() < NUM_NOT - 4) {
                                g_ControlPoints.push_back(Vector2d(x, y));
                        }
                break;
                case GLUT_MIDDLE_BUTTON:
                break;
                case GLUT_RIGHT_BUTTON:
                        // 末尾の制御点の削除
                        if(!g_ControlPoints.empty()) {
                                g_ControlPoints.pop_back();
                        }
                break;
```

```
                default:
                break;
                }
                glutPostRedisplay(); // 再描画
        }
}

// メインプログラム
int main (int argc, char *argv[]) {
        glutInit(&argc, argv);          // ライブラリの初期化
        glutInitDisplayMode(GLUT_RGBA|GLUT_DOUBLE); // 描画モードの指定
        glutInitWindowSize(800 , 800);  // ウィンドウサイズを指定
        glutCreateWindow(argv[0]);      // ウィンドウを作成
        glutDisplayFunc(display);       // 表示関数を指定
        glutReshapeFunc(resizeWindow);  // ウィンドウサイズが変更されたときの関数を
指定
        glutKeyboardFunc(keyboard);     // キーボードイベント処理関数を指定
        glutMouseFunc(mouse);           // マウスイベント処理関数を指定
        glutMainLoop();                 // イベント待ち
        return 0;
}
```

スクリーンショット


./a.out



課題 2

ソースコード

```
#include <cstdlib>
#include <cmath>
#include <vector>
#include <GL/glut.h>
#include <stdio.h>

// 2次元ベクトルを扱うためのクラス
```

```
class Vector2d {
public:
	double x, y;
	Vector2d() { x = y = 0; }
	Vector2d(double _x, double _y) { x = _x; y = _y; }
	void set(double _x, double _y) { x = _x; y = _y; }

	// 長さを1に正規化する
	void normalize() {
		double len = length();
		x /= len; y /= len;
	}

	// 長さを返す
	double length() { return sqrt(x * x + y * y); }

	// s倍する
	void scale(const double s) { x *= s; y *= s; }

	// 加算の定義
	Vector2d operator+(Vector2d v) { return Vector2d(x + v.x, y + v.y);
}

	// 減算の定義
	Vector2d operator-(Vector2d v) { return Vector2d(x - v.x, y - v.y);
}

	// 内積の定義
	double operator*(Vector2d v) { return x * v.x + y* v.y; }

	// 代入演算の定義
	Vector2d& operator=(const Vector2d& v){ x = v.x; y = v.y; return
(*this); }

	// 加算代入の定義
	Vector2d& operator+=(const Vector2d& v) { x += v.x; y += v.y; return
(*this); }

	// 減算代入の定義
	Vector2d& operator-=(const Vector2d& v) { x -= v.x; y -= v.y; return
(*this); }

	// 値を出力する
	void print() { printf("Vector2d(%f %f)\n", x, y); }
};

// マイナスの符号の付いたベクトルを扱えるようにするための定義 例：b=(-a); のように記述で
きる
Vector2d operator-( const Vector2d& v ) { return( Vector2d( -v.x, -v.y ) );
}

// ベクトルと実数の積を扱えるようにするための定義 例： c=5*a+2*b; c=b*3; のように記述で
きる
Vector2d operator*( const double& k, const Vector2d& v ) { return( Vector2d(
k*v.x, k*v.y ) );}
Vector2d operator*( const Vector2d& v, const double& k ) { return( Vector2d(
v.x*k, v.y*k ) );}
```

```
// ベクトルを実数で割る操作を扱えるようにするための定義 例： c=a/2.3; のように記述できる
Vector2d operator/( const Vector2d& v, const double& k ) { return( Vector2d(
v.x/k, v.y/k ) );}

//
==========================================================================
====================


std::vector<Vector2d> g_ControlPoints; // 制御点を格納する

// ノットベクトルの要素数 （参考書にあわせて、要素数は10としている）
const int NUM_NOT = 8;

// ノットベクトル
// この配列の値を変更することで基底関数が変化する。その結果として形が変わる。
// 下の例では、一定間隔で値が変化するので、「一様Bスプライン曲線」となる
double g_NotVector[] = {0, 0, 0, 0, 1, 1, 1, 1};


// 基底関数 N{i,n}(t)の値を計算する
double getBaseN(int i, int n, double t) {
        if( n == 0 ) {
                // n が 0 の時だけ t の値に応じて 0 または 1 を返す
                if( t >= g_NotVector[i] && t < g_NotVector[i+1] ) {
                        return 1.0;
                }
                return 0;
        } else {
                // ★ここに必要なプログラムコードを記述する
                // ★再帰（自分自身の関数 getBaseN を呼ぶ処理が必要）
                // ★係数を計算するときに、ノットが重なる（分母がゼロとなる）ときには、
その項を無視する。
                double a = g_NotVector[i+n] - g_NotVector[i] == 0 ? 0 : ((t
- g_NotVector[i]) / (g_NotVector[i+n] - g_NotVector[i]));
        double b = g_NotVector[i+n+1] - g_NotVector[i+1] == 0 ? 0 :
((g_NotVector[i+n+1] - t) / (g_NotVector[i+n+1] - g_NotVector[i+1]));

        return a * getBaseN(i, n-1, t) + b * getBaseN(i+1, n-1, t);
        }
}

// 表示部分をこの関数で記入
void display(void) {
        glClearColor (1.0, 1.0, 1.0, 1.0);  // 消去色指定
        glClear (GL_COLOR_BUFFER_BIT );     // 画面消去

        // 制御点の描画
        glPointSize(5);
        glColor3d(0.0, 0.0, 0.0);
        glBegin(GL_POINTS);
        for(unsigned int i = 0; i < g_ControlPoints.size(); i++) {
                glVertex2d(g_ControlPoints[i].x, g_ControlPoints[i].y);
        }
        glEnd();
```

```
        // 制御点を結ぶ線分の描画
        glColor3d(1.0, 0.0, 0.0);
        glLineWidth(1);
        glBegin(GL_LINE_STRIP);
        for(unsigned int i = 0; i < g_ControlPoints.size(); i++) {
                glVertex2d(g_ControlPoints[i].x, g_ControlPoints[i].y);
        }
        glEnd();

        // ★ ここにBスプライン曲線を描画するプログラムコードを入れる
        // ヒント1: 3次Bスプラインの場合は制御点を4つ入れるまでは何も描けない
        // ヒント2: パラメータtの値の取り得る範囲に注意
        if(g_ControlPoints.size() > 3){
                glColor3d(0.0, 0.0, 1.0);
                glLineWidth(2);
                glBegin(GL_LINE_STRIP);
                for (double t = 0.01; t <= 1.0; t+=0.01){
                        Vector2d pt;
                        for (int i = 0; i < g_ControlPoints.size(); i++) {
                                pt += getBaseN(i, 3, t) *
g_ControlPoints[i];
                        }
                        glVertex2d(pt.x, pt.y);
                }
                glEnd();
        }

        glutSwapBuffers();
}

void resizeWindow(int w, int h) {
        h = (h == 0) ? 1 : h;
        glViewport(0, 0, w, h);

        glMatrixMode(GL_PROJECTION);
        glLoadIdentity();

        // ウィンドウ内の座標系設定
        // マウスクリックの座標と描画座標が一致するような正投影
        glOrtho(0, w, h, 0, -10, 10);

        glMatrixMode(GL_MODELVIEW);
}

// キーボードイベント処理
void keyboard(unsigned char key, int x, int y) {
        switch (key) {
        case 'q':
        case 'Q':
        case '\033':
                exit(0);  /* '\033' は ESC の ASCII コード */
        default:
                break;
        }
        glutPostRedisplay();
}
```

```
// マウスイベント処理
void mouse(int button, int state, int x, int y) {
        if(state == GLUT_DOWN) {
                switch (button) {
                case GLUT_LEFT_BUTTON:
                        // クリックした位置に制御点を追加
                        // ノット数を増やせばいくらでも制御点を追加できるが、今回は
NUM_NOTの値で固定されているので
                        // いくらでも追加できるわけではない
                        if(g_ControlPoints.size() < NUM_NOT - 4) {
                                g_ControlPoints.push_back(Vector2d(x, y));
                        }
                break;
                case GLUT_MIDDLE_BUTTON:
                break;
                case GLUT_RIGHT_BUTTON:
                        // 末尾の制御点の削除
                        if(!g_ControlPoints.empty()) {
                                g_ControlPoints.pop_back();
                        }
                break;
                default:
                break;
                }
                glutPostRedisplay(); // 再描画
        }
}

// メインプログラム
int main (int argc, char *argv[]) {
        glutInit(&argc, argv);          // ライブラリの初期化
        glutInitDisplayMode(GLUT_RGBA|GLUT_DOUBLE); // 描画モードの指定
        glutInitWindowSize(800 , 800);  // ウィンドウサイズを指定
        glutCreateWindow(argv[0]);      // ウィンドウを作成
        glutDisplayFunc(display);       // 表示関数を指定
        glutReshapeFunc(resizeWindow);  // ウィンドウサイズが変更されたときの関数を
指定
        glutKeyboardFunc(keyboard);     // キーボードイベント処理関数を指定
        glutMouseFunc(mouse);           // マウスイベント処理関数を指定
        glutMainLoop();                 // イベント待ち
        return 0;
}
```

実行結果

ベジェ曲線と同じ挙動をする