Graphics with Processing

2014-15 CGシステムとCGの応用

http://vilab.org

塩澤秀和

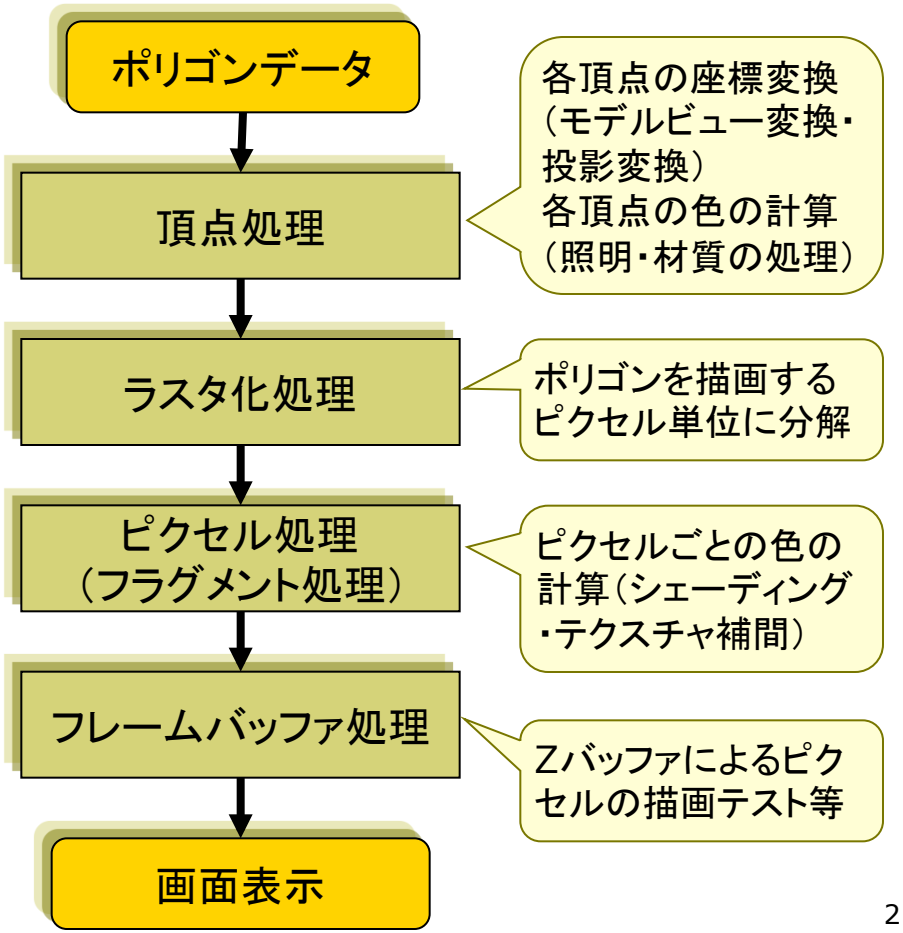
15.1 3DCGシステム

3DCG API（p.280）

- OpenGL（旧Silicon Graphics）
  - リアルタイムCG初期から
  - ハイエンドCGソフト，UNIX，iPhone，PS3，Wii（類似）など
- DirectX（Microsoft）
  - リアルタイムCG（特にゲーム）
  - Windows，Xbox
  - 高速性重視，対応ハードが安い
- その他のリアルタイムAPI
  - Java3D，GNMX（PS4）
  - Mantle（AMD），Metal（iOS）
- RenderMan（Pixer）
  - 非リアルタイムCG（映像製作）
  - 映画製作で標準的

レンダリングパイプライン（p.284）

- 専用ハードウェアの処理手順



15.2 シェーダプログラミング

プログラマブルGPU

- GPU
  - Graphics Processing Unit
  - 3DCG計算（特にリアルタイム）のための専用ハードウェア
  - 今ではほぼすべてのPCが搭載
- プログラマブルシェーダ
  - GPUのレンダリング処理を用途に応じてカスタマイズできる機能
  - CG技術が高度化・多様化し，固定機能では対応できなくなった
- シェーディング言語
  - GLSL – OpenGL, WebGL
  - HLSL – DirectX, Xbox
  - Cg – NVIDIA, PS3
  - PPSL(PS4), Metal(iOS),...

プログラマブルシェーダの機能

- 頂点シェーダ
  - 頂点処理（単一頂点の座標や色の処理）をプログラミング

  ⇒ モデルビュー変換，投影変換，頂点色の計算（照明・材質処理），テクスチャ座標の算出
- ジオメトリ（プリミティブ）シェーダ
  - 頂点処理後，プリミティブ（点，線分，三角形）単位の処理を追加

  ⇒ 頂点の増減，プリミティブの変更
- ピクセル（フラグメント）シェーダ
  - 頂点シェーダ等の結果を利用し，ピクセル処理をプログラミング

  ⇒ シェーディング・マッピング処理，画像処理的エフェクト

15.3 ProcessingでのGLSL使用例

```
PShader phong;  // シェーダクラス

void setup() {
  size(600, 600, P3D);
  noStroke();
  // dataフォルダに入れてあるフラグメント
  // シェーダと頂点シェーダを読み込む
  phong = loadShader("fshader.glsl",
                     "vshader.glsl");
}

void draw() {
  background(0);
  translate(width/2, height/2, 0);
  rotateX(radians(-30));

  float angle = radians(frameCount);
  float x = 200 * cos(angle);
  float z = 200 * sin(angle);

  shader(phong);  // シェーダの有効化

  // 簡単のため，照明は点光源1つだけとし，
  // 環境光はシェーダに直接記述している
  lightSpecular(50, 50, 50);
  pointLight(200, 200, 200, x, -200, z);

  // この例では，fillとshinessにのみ対応し，
  // specularは無視され，fillと同一色となる
  fill(180, 180, 180);  shininess(50);

  // 1枚の板で床を表示
  beginShape(QUADS);
  vertex(-300, 0, -300);  vertex(300, 0, -300);
  vertex(300, 0, 300);    vertex(-300, 0, 300);
  endShape();

  fill(220, 180, 80);  shininess(100);
  sphere(100);
}
```

15.4 GLSL頂点シェーダの例

```
// vshader.glsl
#define PROCESSING_LIGHT_SHADER

// Processing（CPU側）で設定される環境変数
uniform mat4 modelview; // モデルビュー行列
uniform mat4 transform;   //合成変換行列
uniform mat3 normalMatrix;  // 法線変換行列

// 簡単のため，点光源1つを前提としている
uniform vec4 lightPosition;  // 視点座標系

// 頂点ごとに入力される変数（ローカル座標系）
attribute vec4 vertex;   // 頂点座標
attribute vec3 normal;  // 法線ベクトル

// 簡単のため，拡散・鏡面・環境反射色を全て
// color（本来は拡散反射色）を使って計算する
attribute vec4 color;        // 頂点の材質色
attribute float shininess;  // 輝き係数

// フラグメントシェーダに出力する変数
varying vec3 fN;  // 法線ベクトル
varying vec3 fV;  // 視点へのベクトル
varying vec3 fL;  // 光源へのベクトル
varying vec4 fColor;        // 材質色
varying float fShininess;  // 輝き係数

void main() {
  // 入力頂点の座標を視点座標系に変換
  gl_Position = transform * vertex;

  // 視点座標系での各ベクトルを求める
  fN = normalMatrix * normal;
  fV = -(modelview * vertex).xyz;
  fL = lightPosition.xyz + fV;

  fColor = color;
  fShininess = shininess;
}
```

15.5 GLSLフラグメントシェーダの例

```
// fshader.glsl
// 入射光の拡散反射成分と鏡面反射成分
uniform vec3 lightDiffuse, lightSpecular;

// 頂点シェーダからの入力（視点座標系）
varying vec3 fN, fL, fV;
varying vec4 fColor;
varying float fShininess;

void main() {
  // 各ベクトルを単位ベクトル化する
  vec3 N = normalize(fN);
  vec3 L = normalize(fL);
  vec3 V = normalize(fV);
  // 反射方向のベクトル
  vec3 R = normalize(reflect(-L, N));

  vec3 diffuse = vec3(0.0, 0.0, 0.0);
  vec3 specular = vec3(0.0, 0.0, 0.0);
  // ランバートの式
  float LdotN = dot(L, N);  // 内積 = |L| |N| cos θ
  if (LdotN > 0.0) {
    // 各ピクセルにおける拡散反射光と鏡面反射光
    // （材質色×照明色×係数）を求める
    diffuse = fColor.rgb * lightDiffuse * LdotN;
    specular = fColor.rgb * lightSpecular
             * pow(max(dot(R, V), 0.0), fShininess);
  }

  // 簡単のため，環境光は(0.2, 0.2, 0.2)に固定
  vec3 ambient = fColor.rgb * vec3(0.2, 0.2, 0.2);

  // 減衰計算（逆2乗で計算してしまうと不自然）
  float fallOff = 1.0 / (1.0 + 0.001 * lenfth(fL));
  gl_FragColor.rgb =
     fallOff * (diffuse + specular) + ambient;
  gl_FragColor.a = fColor.a;
}
```

15.6 シェーダへの変数入力

```
// 本体プログラム ripple.pde
PShader ripple;

void setup() {
  size(600, 600, P3D);
  ripple = loadShader("ripple.glsl");
  // シェーダへの変数受け渡し
  ripple.set("diagonal", 1.414 * 600);
}

void draw() {
  float time = millis() / 1000.0;
  ripple.set("time", time);
  ripple.set("mouse", (float)mouseX,
                (float)(height - mouseY));
  shader(ripple);
  // 全ピクセルに対してシェーダのみで描画
  rect(0, 0, width, height);
}
```

```
// シェーダプログラム ripple.glsl

// 渡された変数の受け取り
uniform float time,  diagonal;
uniform vec2 mouse;

const float gap = 100.0;

void main() {
  float d = length(gl_FragCoord.xy - mouse);
  float c = 0.0;
  float r = mod(time * gap, gap);
  while (r < diagonal) {
    // いわゆるネオン管のようなエフェクト
    c += 2.0 / abs(d - r);
    r += gap;
  }
  gl_FragColor = vec4(0.0, 0.0, c, 1.0);
}
```

15.7 リアリティを追求するCG技術

物理計算の利用

- 物理シミュレーション
  - 見た目のリアルさはほぼ実現
    ⇒ 動きのリアルさへ
  - 物理方程式を高速に数値計算
  - 運動，加速，摩擦，衝突，飛散
  - 流体，弾性体，髪の毛，旗
- パーティクル（粒子法）（p.91）
  - 非常に多数の“粒子”を散らして運動（粒子の流れ）を計算
  - 液体，煙，炎，水しぶき，雲などの全体的な動きを再現する
- 物理計算エンジン
  - 力学的な物体の運動を高速に計算するハードウェア
  - GPGPU（GPUで並列数値計算）

イメージベースト レンダリング

- 画像をCGに利用（p.240）
  - CGと画像処理技術との融合
  - テクスチャマッピングの応用
    （撮影地点から画像を投影など）
  - 写真から3Dモデルを自動生成
    （イメージベースト モデリング）
  - モーフィング，パノラマ画像生成
- 実写とCGの融合
  - 実写にCG映像を合成（AR），
    または，CGに実写映像を合成
  - 自由視点画像：限られた台数で撮影したカメラ映像から，自由な視点からの映像を合成
  - イメージベースト ライティング：
    画像の明暗から照明を推測し，
    その中にCGを違和感なく合成

15.8 CGの応用

建築・設計

- CAD
  - CAD＝コンピュータ支援設計
  - 製図・回路設計
  - 建築設計
  - 景観シミュレーション

エンターテインメント

- コンピュータゲーム
  - ゲームはCGとともに発展
  - 2次元 → 3次元
- 映画・アニメーション
  - SF映画
  - アニメーション
  - 実写映像への波や嵐の追加

人間との対話環境

- ユーザインタフェース
  - GUI，ウィンドウシステム
  - 3Dユーザインタフェース
- バーチャルリアリティ（VR）
  - 3次元仮想空間
  - オーグメンテッド リアリティ（AR）（現実空間にCGを合成する）

可視化（visualization）

- 医療・科学・教育
  - データを見えるようにする
  - 科学データの分析
- 情報可視化
  - 情報分析のための可視化
  - 図解的利用，「見える化」