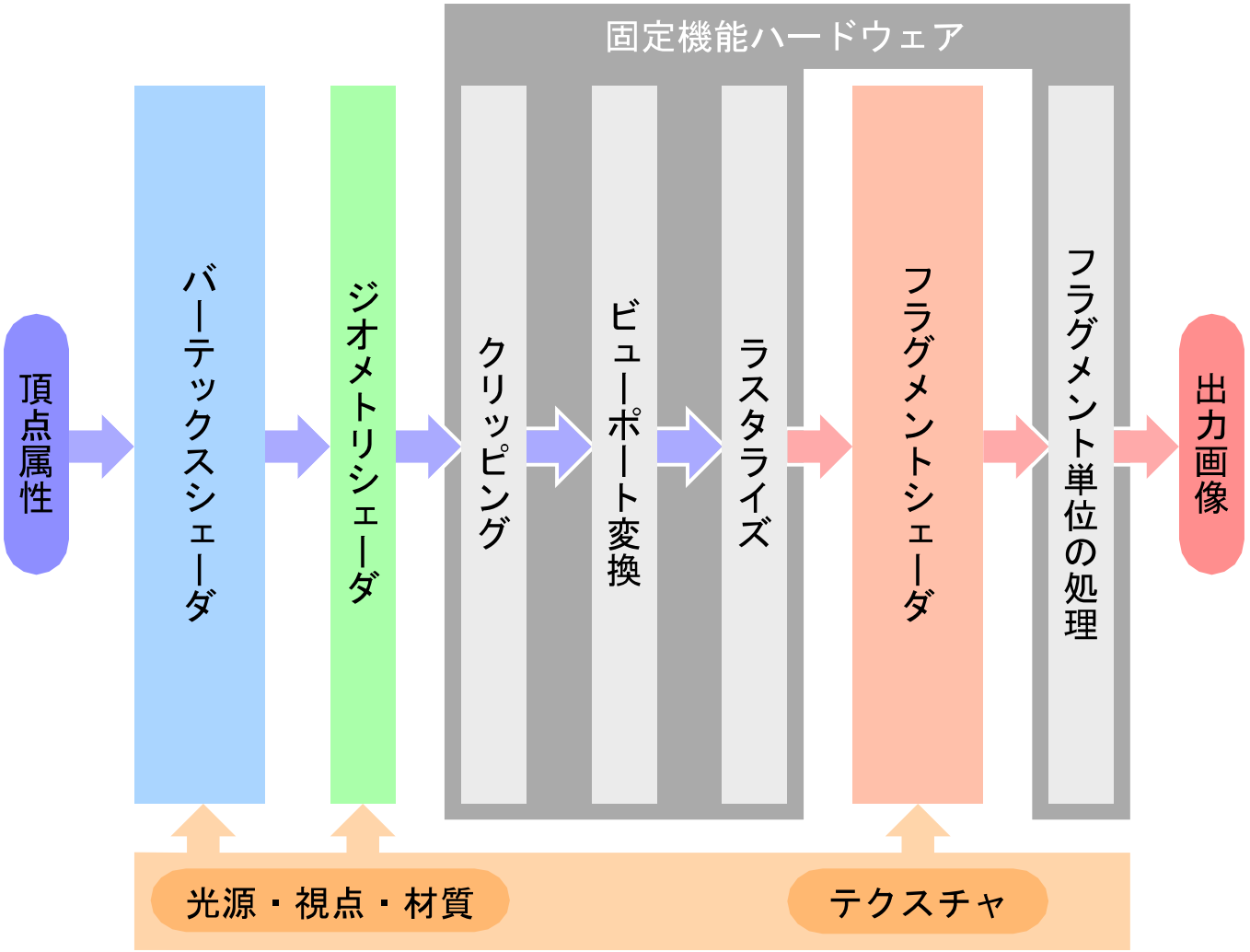
ゲームグラフィックス特論

第14回 ジオメトリシェーダ

基本図形の細分化

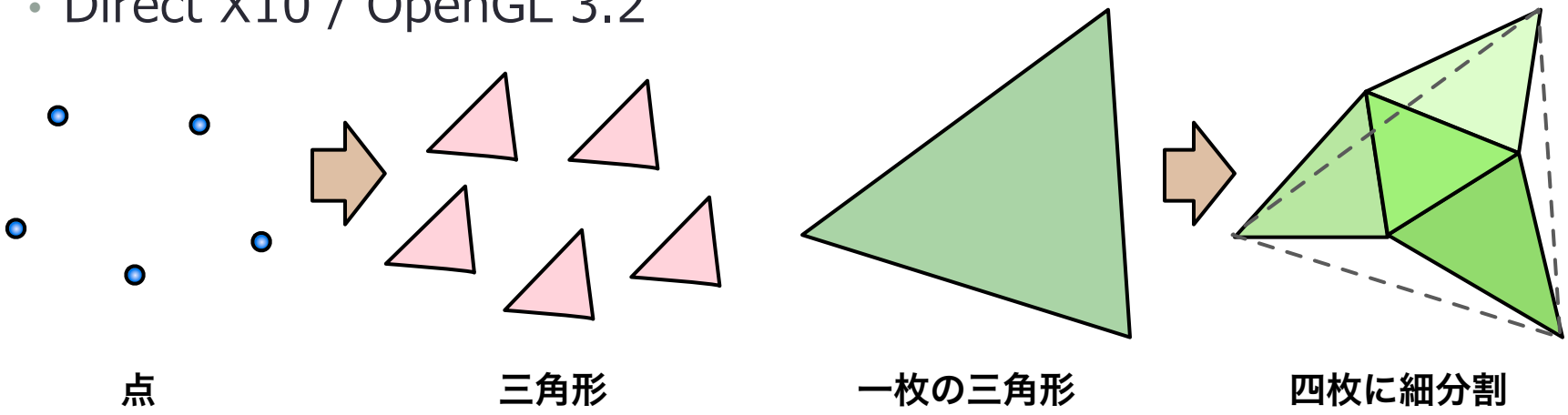
GPU 内部で基本図形を生成する

ジオメトリシェーダの追加（第２回）



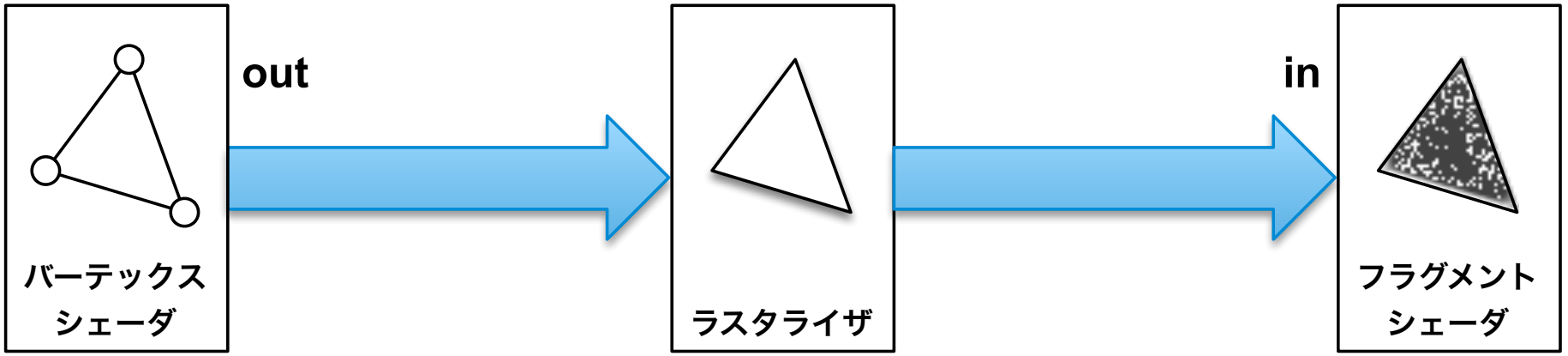
ジオメトリシェーダ

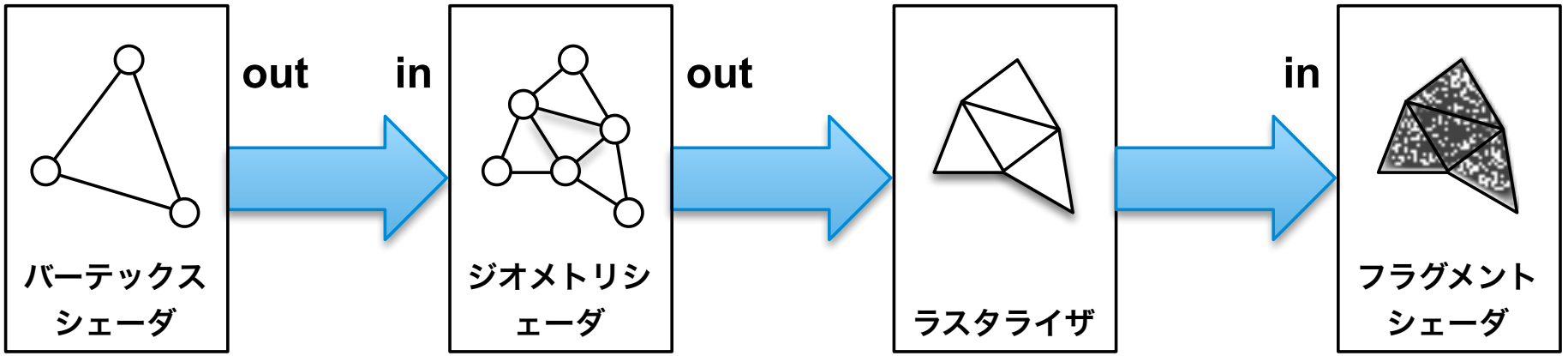
- ジオメトリデータの生成や細分化を行う
  - テッセレーション (Tessellation)
  - テッセレータ（テッセレーションプリミティブジェネレータ）という固定機能ハードウェアを制御する
  - オプション（使用しなくても良い）
  - Direct X10 / OpenGL 3.2



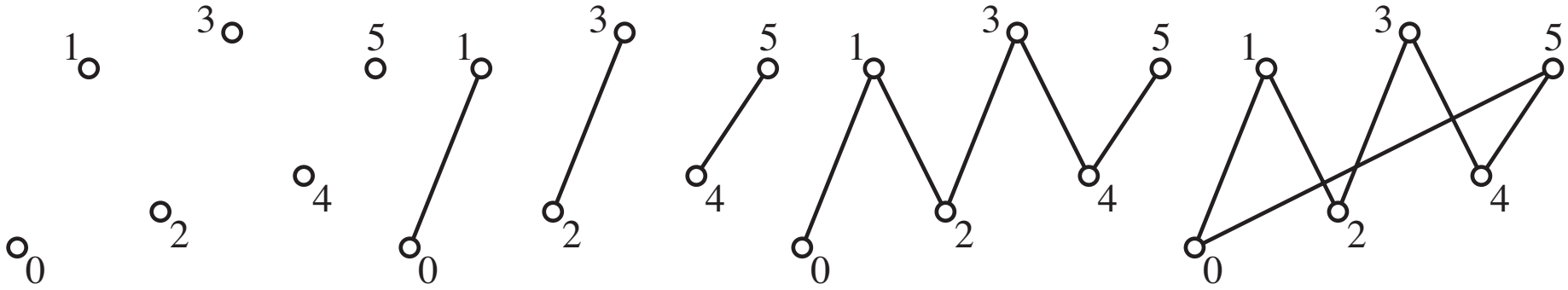
テッセレーション

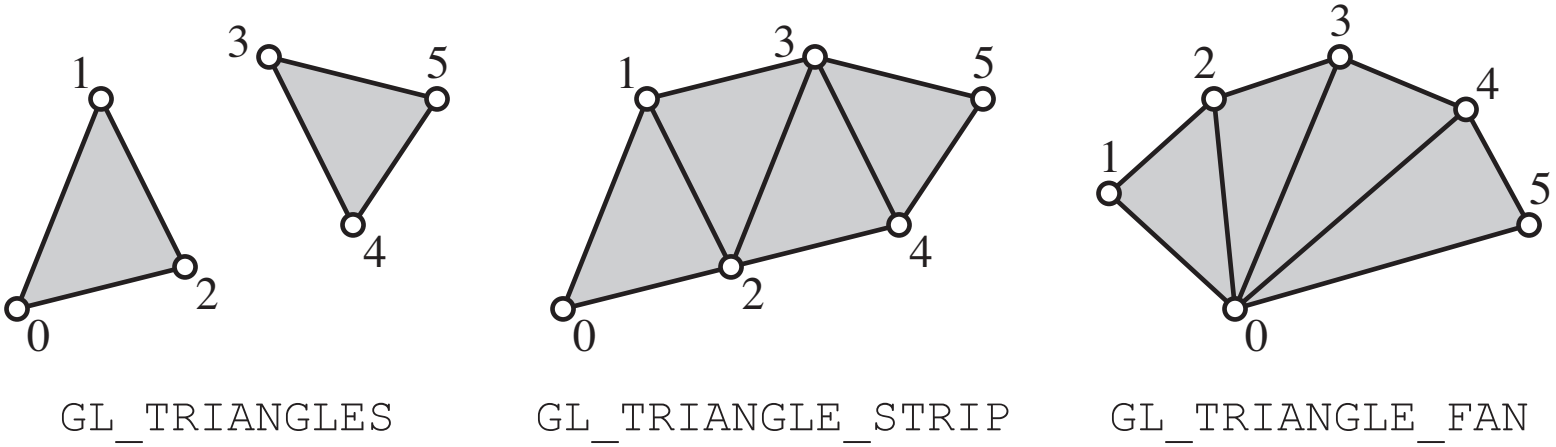
ジオメトリシェーダの役割



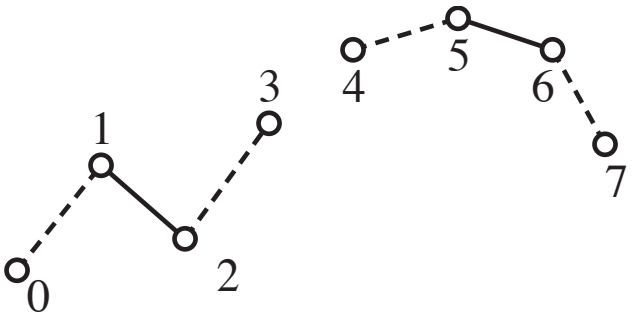


OpenGL の基本図形

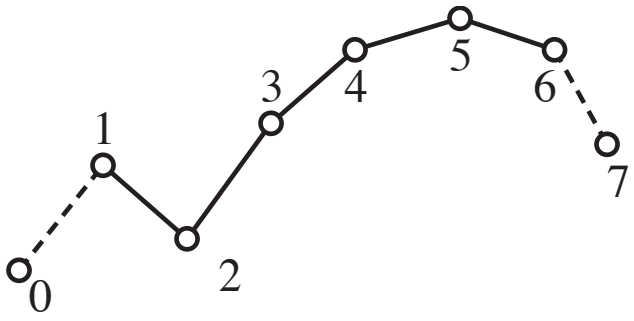




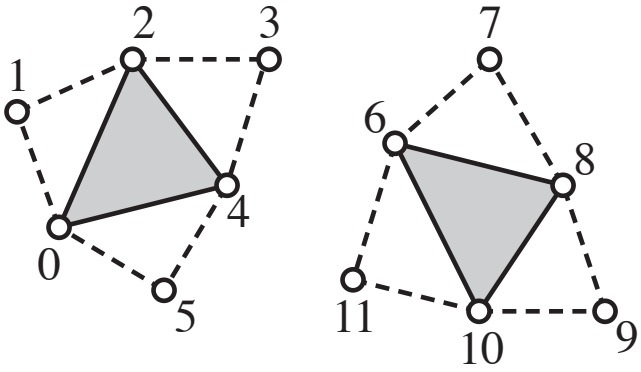
追加された基本図形



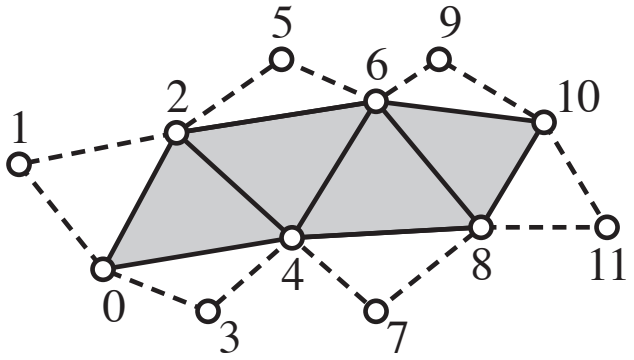
GL_LINES_ADJACENCY



GL_LINE_STRIP_ADJACENCY

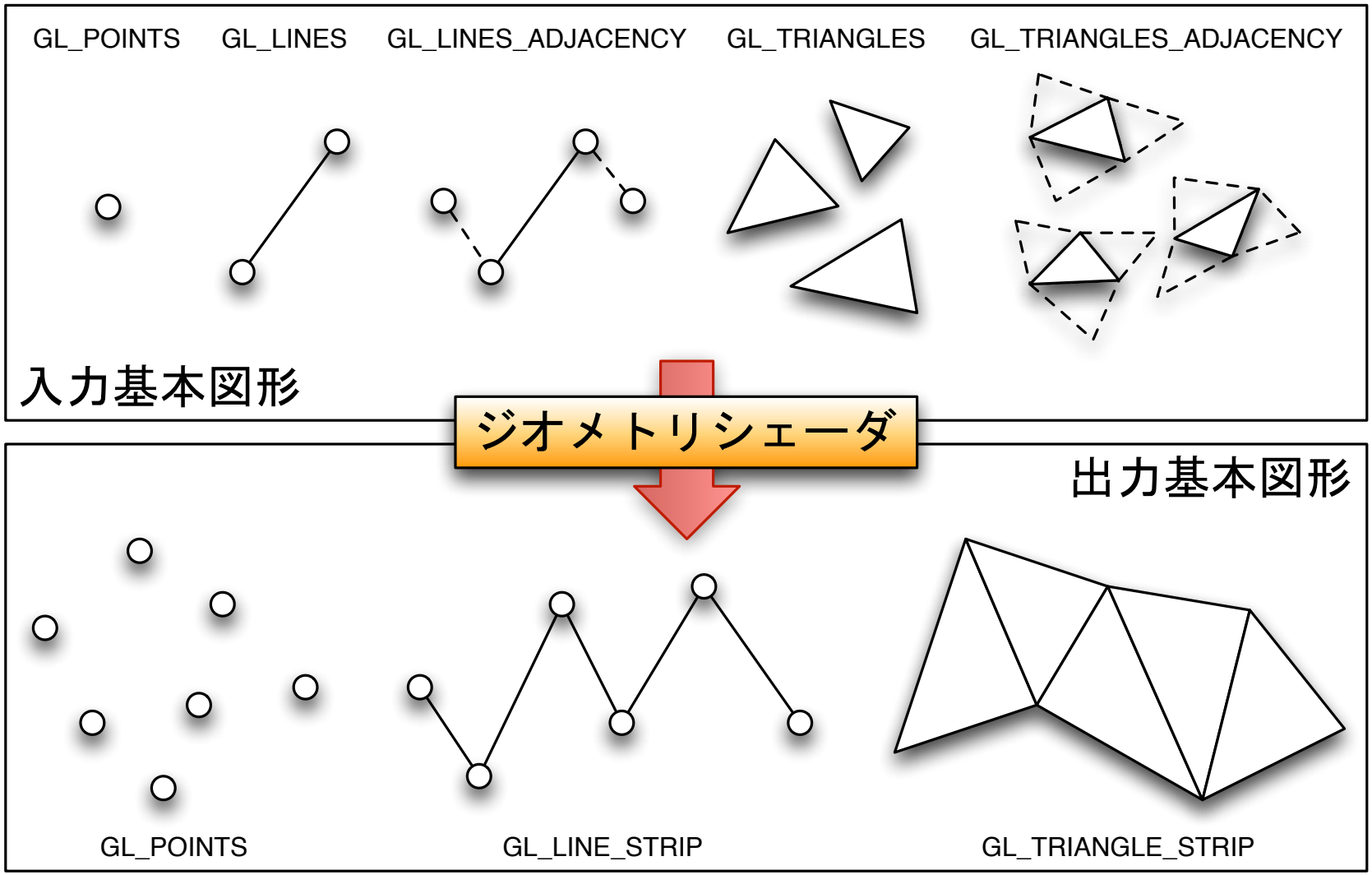


GL_TRIANGLES_ADJACENCY

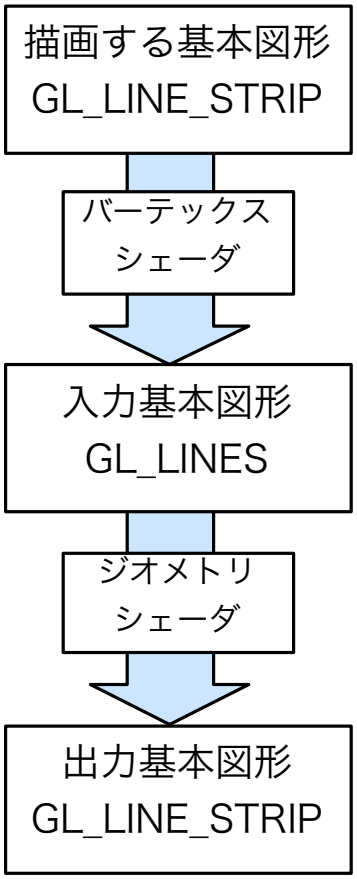


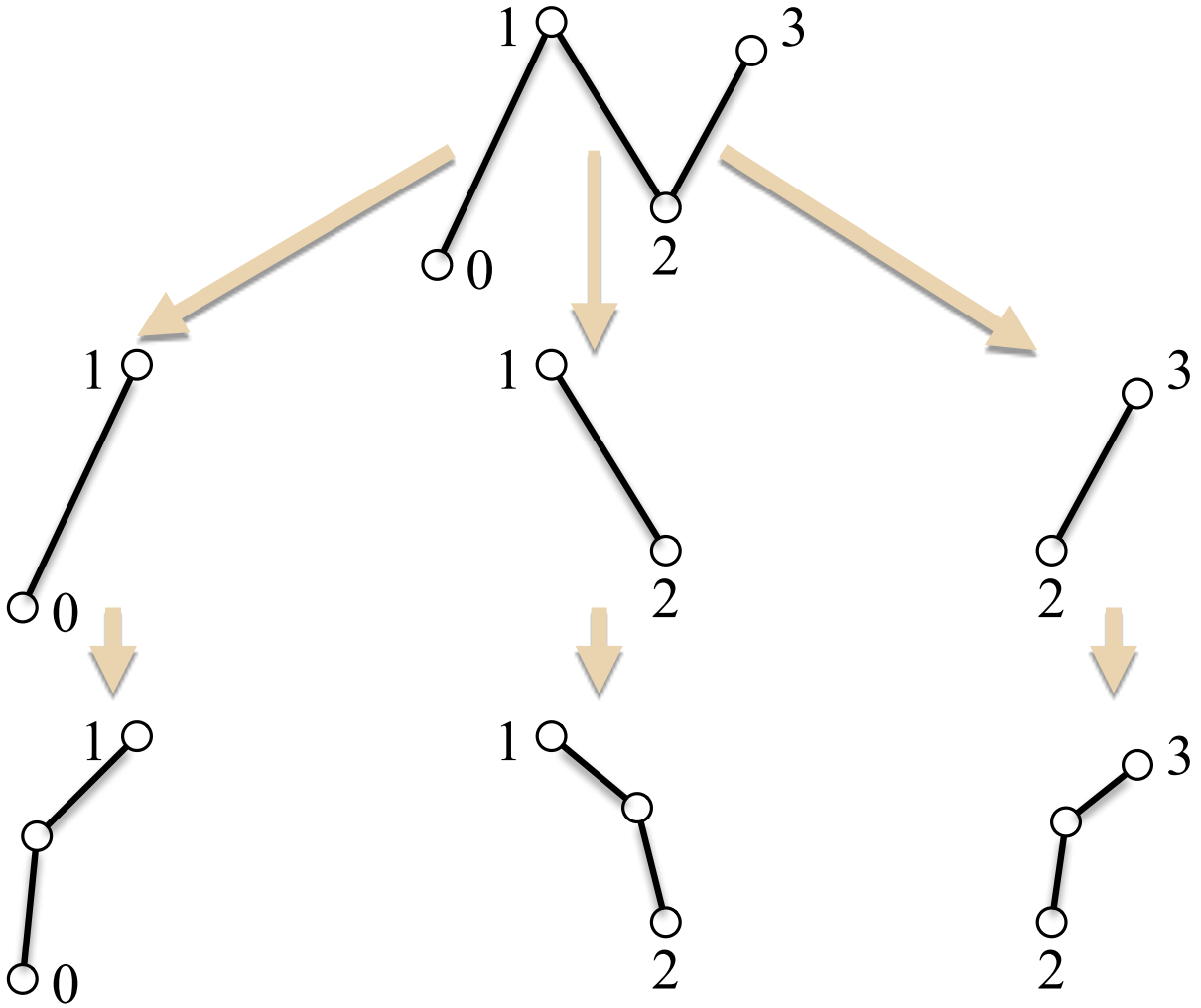
GL_TRIANGLE_STRIP_ADJACENCY

ジオメトリシェーダの入力と出力

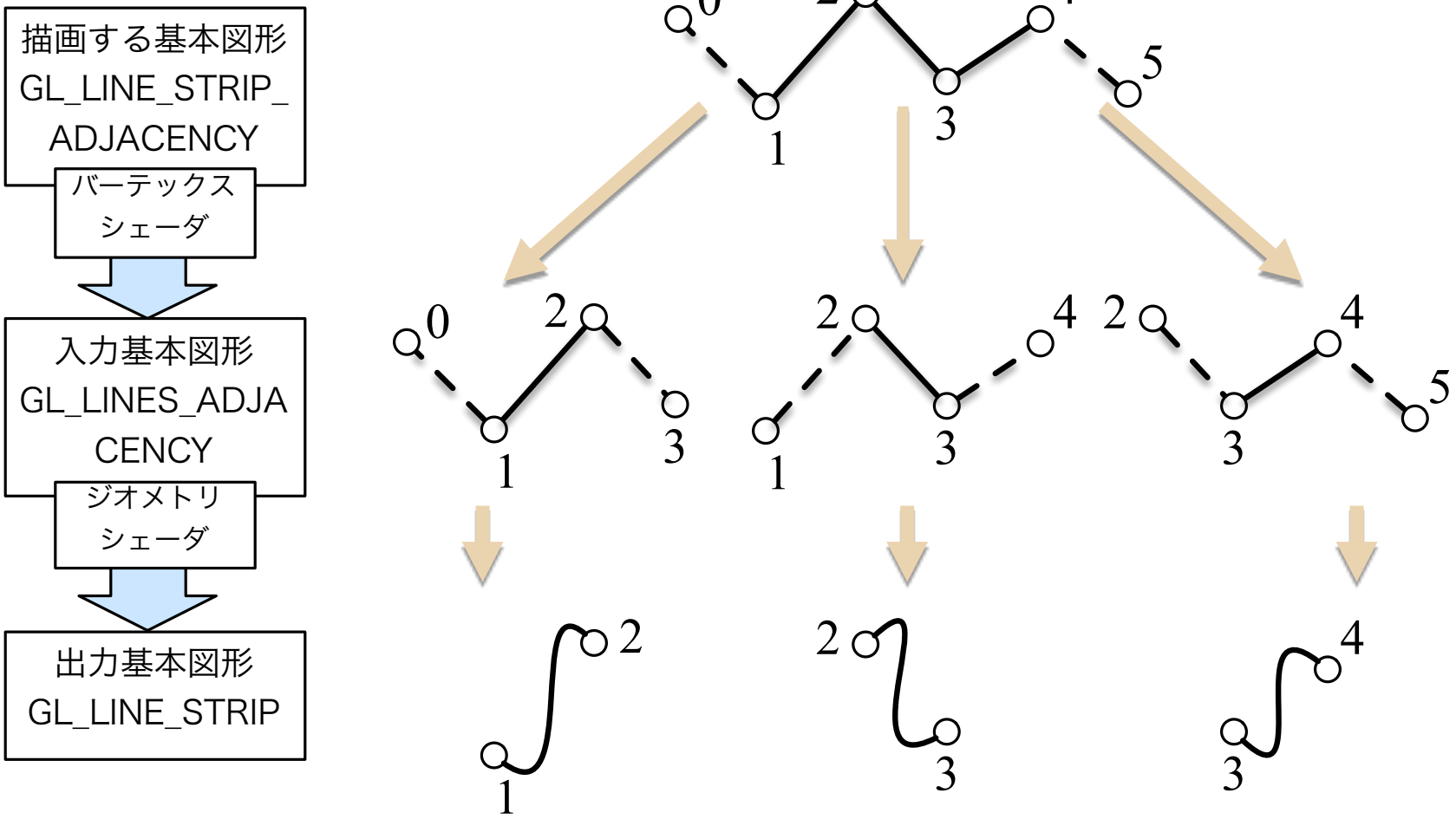


描画図形とジオメトリシェーダの入力





描画図形とジオメトリシェーダの入力



指定可能な入力基本図形

実際に描画する基本図形	指定可能な入力基本図形	頂点数
GL_POINTS	GL_POINTS	1
GL_LINES	GL_LINES	2
GL_LINE_STRIP		
GL_LINE_LOOP		
GL_LINES_ADJACENCY	GL_LINES_ADJACENCY	4
GL_LINE_STRIP_ADJACENCY		
GL_TRIANGLES	GL_TRIANGLES	3
GL_TRIANGLE_FAN		
GL_TRIANGLE_STRIP		
GL_TRIANGLES_ADJACENCY	GL_TRIANGLES_ADJACENCY	6
GL_TRIANGLE_STRIP_ADJACENCY		

ジオメトリシェーダが出力可能な頂点数

- ジオメトリシェーダが出力できる頂点数には上限がある
  - GLint vertices, components;
- 頂点数の上限値の取得
  - glGetIntegerv(GL_MAX_GEOMETRY_OUTPUT_VERTICES, &vertices);
- 要素数の上限値の取得
  - glGetIntegerv(GL_MAX_GEOMETRY_TOTAL_OUTPUT_COMPONENTS, &components);
- 一つの頂点には複数の頂点属性を設定できる
  - 多くの頂点属性を持っていると出力できる頂点数が減る
  - components÷(頂点属性の要素数) と vertices の少ない方

ジオメトリシェーダの使用設定

```
// ジオメトリシェーダのソースプログラムの読み込みとコンパイル
…（バーテックスシェーダ／フラグメントシェーダと同じ）

// ジオメトリシェーダに入力する基本図形の指定
glProgramParameteri(program, GL_GEOMETRY_INPUT_TYPE, input);
// ジオメトリシェーダから出力する基本図形の指定
glProgramParameteri(program, GL_GEOMETRY_OUTPUT_TYPE, output);
// ジオメトリシェーダが出力可能な頂点数と要素数
GLint vertices, components;
// ジオメトリシェーダが出力可能な頂点数の最大値を得る
glGetIntegerv(GL_MAX_GEOMETRY_OUTPUT_VERTICES, &vertices);
// ジオメトリシェーダが出力可能な要素数の最大値を得る
glGetIntegerv(GL_MAX_GEOMETRY_TOTAL_OUTPUT_COMPONENTS, &components);
components /= 12;  // ジオメトリシェーダの out 変数が vec4 × 3 として
// ジオメトリシェーダが出力する頂点の最大数を設定する
if (vertices > components) vertices = components;
glProgramParameteri(program, GL_GEOMETRY_VERTICES_OUT, vertices);

// シェーダプログラムのリンク
…
```

入力基本図形

出力基本図形

ジオメトリシェーダの使用設定の補足

- GL_MAX_GEOMETRY_OUTPUT_VERTICES により得られる頂点数は 1024 など大きな値となるが，それをそのまま GL_GEOMETRY_VERTICES_OUT に設定するのは間違い
  - リンク時にエラーにならなかったら多分ドライバのバグ
  - 得られる頂点数は EmitVertex() を実行できる最大値
- GL_GEOMETRY_VERTICES_OUT に設定できる値はジオメトリシェーダで使っている out 変数の数にも依存する
  - EmitVertex() を実行するたびに out 変数用のレジスタが消費される
- ジオメトリシェーダの入出力基本図形や最大出力頂点数はシェーダプロラム内で設定できるようになっている

```
layout(triangles) in;
layout(triangle_strip, max_vertices = 10) out;
```

バーテックスシェーダ

```
#version 150 core
#extension GL_ARB_explicit_attrib_location : enable

uniform mat4 mc;                        // モデルビュー投影変換

layout (location = 0) in vec4 pv; // 頂点位置
layout (location = 1) in vec4 cv; // 頂点色

out vec4 vc;                            // ジオメトリシェーダに送る頂点色

void main(void)
{
  vc = cv;                            // 頂点色をジオメトリシェーダに送る
  gl_Position = mc * pv;              // 頂点位置をジオメトリシェーダに送る
}
```

ジオメトリシェーダ

```
#version 150 core

layout (triangles) in;
layout (triangle_strip, max_vertices = 16) out;

in vec4 vc[];  // バーテックスシェーダから受け取る頂点色
out vec4 cf;   // ラスタライザに送る頂点色

void main(void)
{
  for (int i = 0; i < gl_in.length(); ++i)
  {
    cf = vc[i];                          // ラスタライザに頂点色を送る
    gl_Position = gl_in[i].gl_Position;  // ラスタライザに頂点位置を送る
    EmitVertex();
  }
  EndPrimitive();
}
```

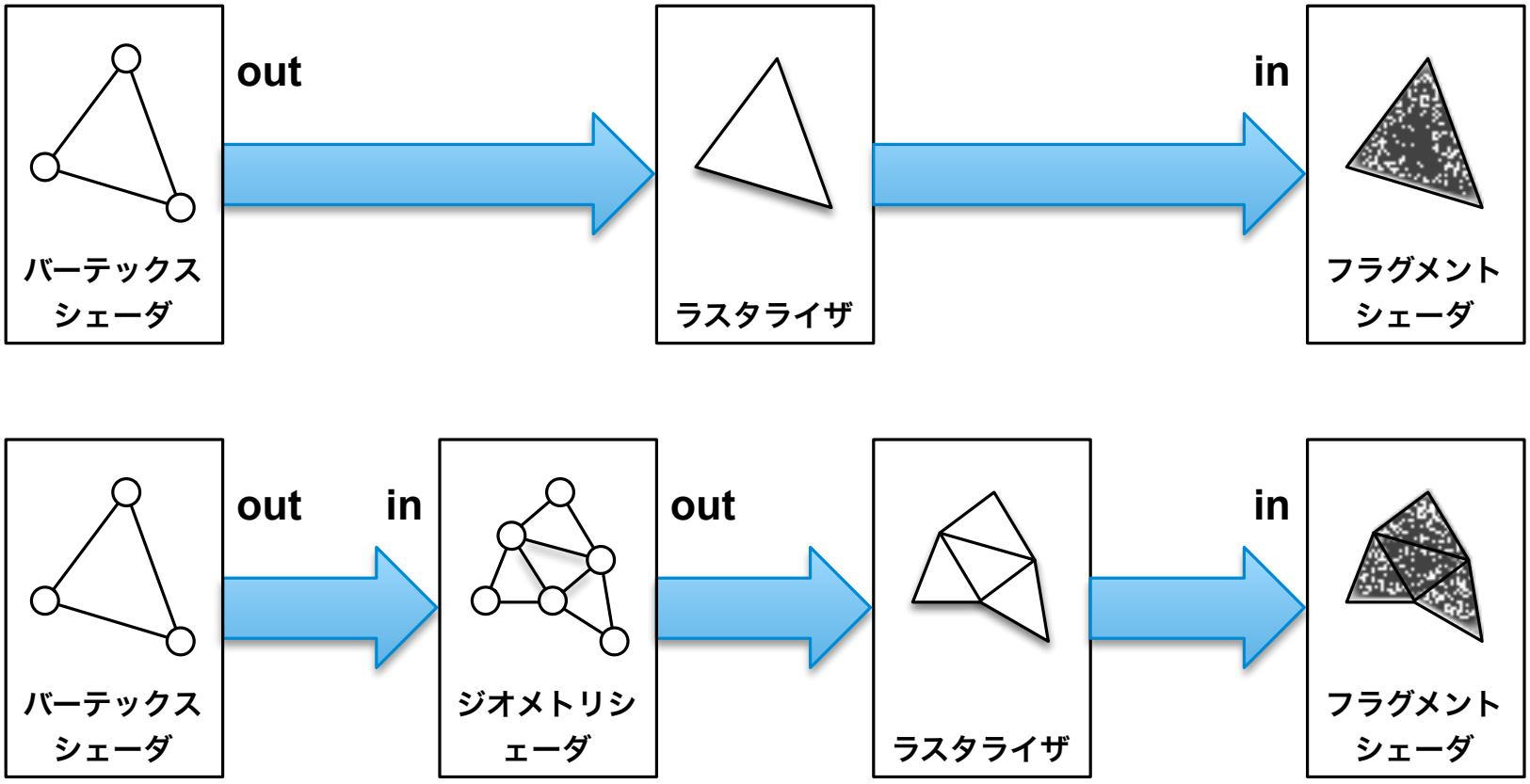
ジオメトリシェーダに入力 (アプリケーションから出力) する図形要素

ジオメトリシェーダから出力する図形要素

一度に送られてくる頂点の数

図形要素の区切り

in 変数, out 変数


out
in
バーテックス
シェーダ
ラスタライザ
フラグメント
シェーダ
out
in
out
in
バーテックス
シェーダ
ジオメトリシ
ェーダ
ラスタライザ
フラグメント
シェーダ

フラグメントシェーダ

```
#version 150 core
#extension GL_ARB_explicit_attrib_location : enable

in vec4 cf;                              // ラスタライザから受け取る画素色

layout (location = 0) out vec4 fc;  // フラグメントの色

void main(void)
{
  fc =  cf;
}
```

gl_in.length()

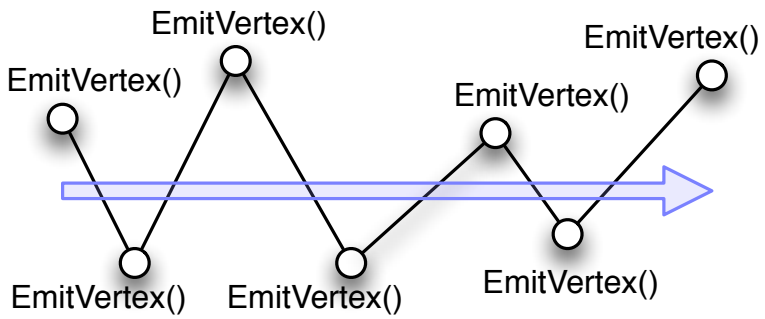
- バーテックスシェーダから受け取る頂点属性の数
  - ジオメトリシェーダには一度にこの数の頂点が渡される
- 入力基本形状 GL_GEOMETRY_INPUT_TYPE
  - GL_POINTS
    - gl_in.length() = 1
  - GL_LINES
    - gl_in.length() = 2
  - GL_LINES_ADJACENCY
    - gl_in.length() = 4
  - GL_TRIANGLES
    - gl_in.length() = 3
  - GL_TRIANGLES_ADJACENCY
    - gl_in.length() = 6

EmitVertex()

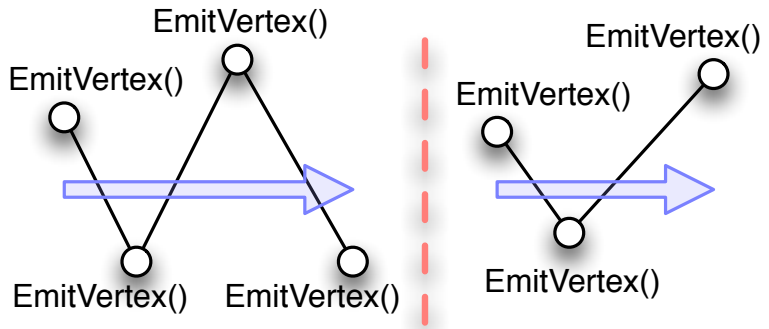
- ラスタライザに送る頂点属性を生成する
  - gl_Position および out 変数の組
- 出力 GL_GEOMETRY_OUTPUT_TYPE
  - GL_POINTS
    - EmitVertex() を少なくとも1回実行
  - GL_LINE_STRIP
    - EmitVertex() を少なくとも2回実行
  - GL_TRIANGLE_STRIP
    - EmitVertex() を少なくとも3回実行
- EmitVertex() を実行しなければ図形は生成（表示）されない

EndPrimitive()

EndPrimitive() を実行しない場合

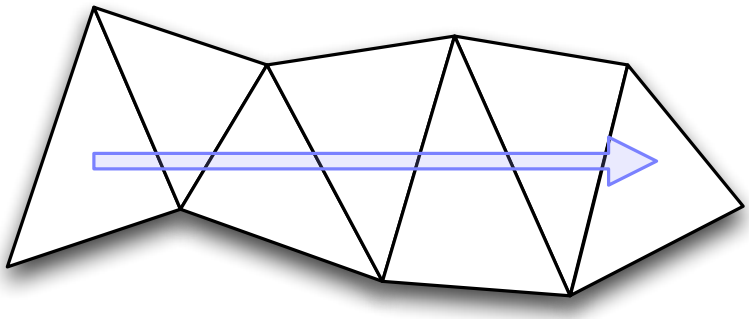


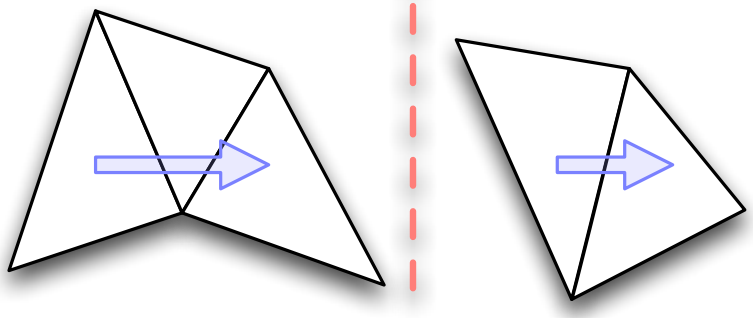
EndPrimitive() を実行した場合



GL_LINE_STRIP や GL_TRIANGLE_STRIP を複数出力するとき

EndPrimitive()





宿題

- ジオメトリシェーダを使って八面体を描いてください
  - 次のプログラムはGL_POINTS により点を描画します.
    - https://github.com/tokoik/ggsample14
  - しかし，ジオメトリシェーダ ggsample14point.geom によって，この一つ一つの点は三角形に置き換えて表示されます.
  - ggsample14point.geom を書き換えて，この三角形を八面体に置き換えてください.
    - A601/A803 演習室の PC でジオメトリシェーダから出力可能な頂点の最大数は 85 くらいです.
- ggsample14point.geom 内で座標変換と陰影付け（スムースシェーディング）を行ってください.
- ggsample14point.geom を**アップロード**してください
  - アップロード先
    - https://www.wakayama-u.ac.jp/~tokoi/lecture/gg/upload/

八面体

頂点位置は任意です．表示可能なサイズにしてください．

頂点の法線ベクトルは軸方向に設定してください．

GL_TRIANGLE_STRIPを二つ描けばいいと思います．