

# Chapter 1 DirectX12の初期化～毎フレームの処理の流れ。

---

このチャプターではDirectX12の初期化と毎フレーム行う処理の流れを見ていきます。

## 1.1

# Chapter 2 リソースバインディング

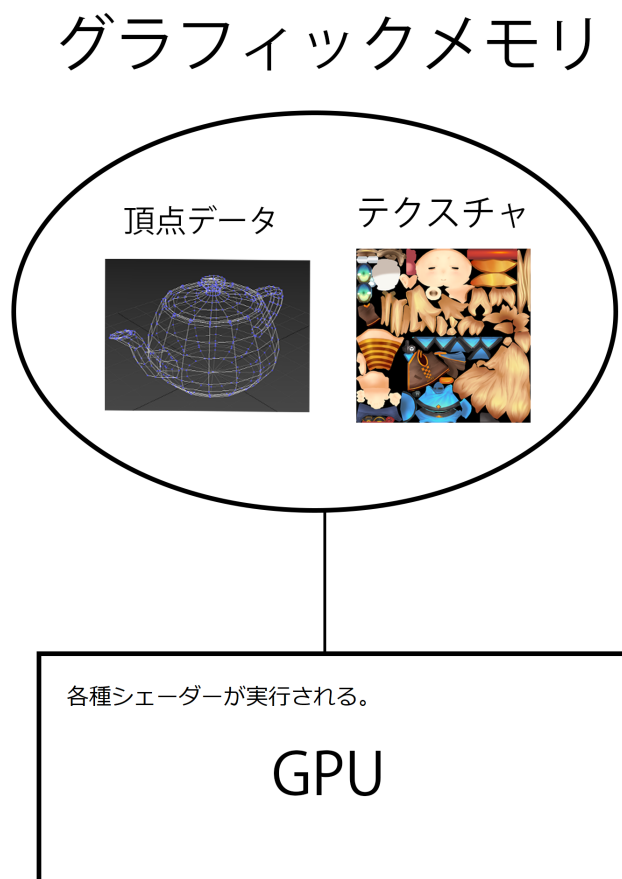
---

このチャプターではDirectX12におけるリソースバインディングの仕組みについて見てきます。

## 2.1 リソースバインディングとは？

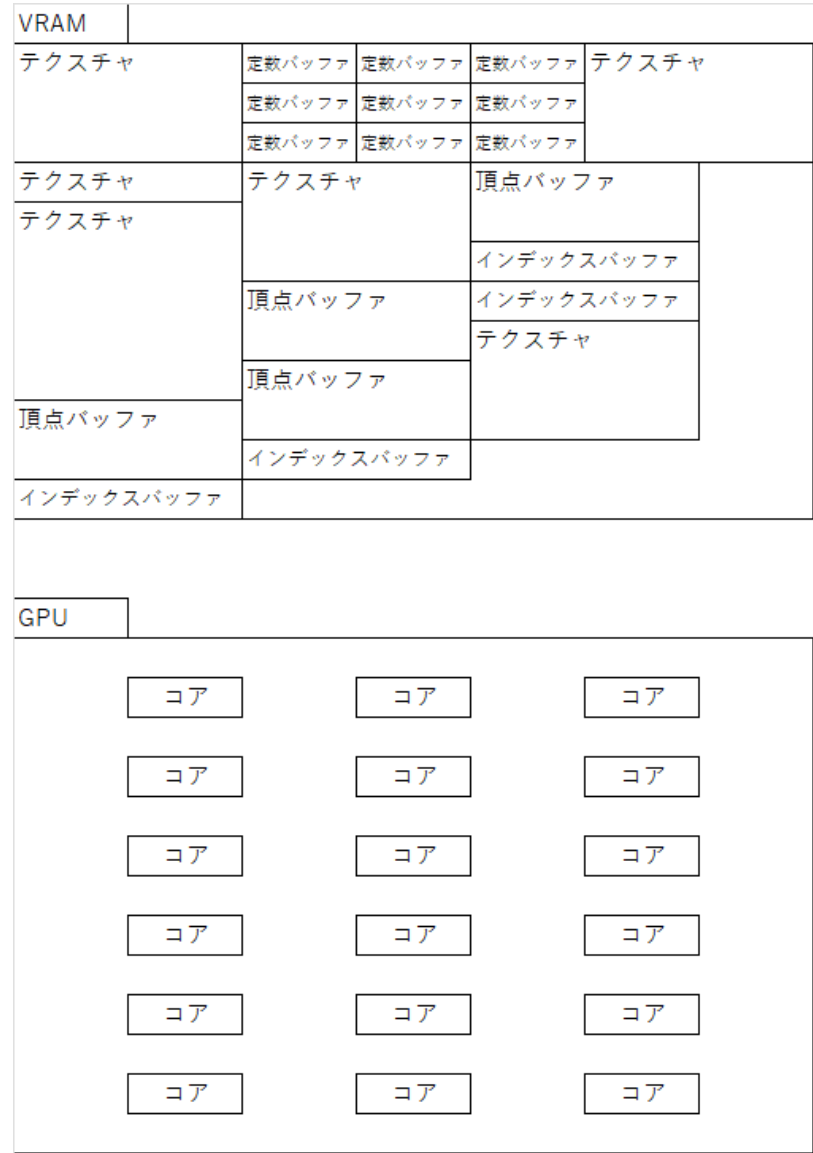
では、リソースバインディングについて解説をしたいのですが、これを解説するには昨今のGPUのアーキテクチャについて多少の前提知識が必要になるので、それについて勉強していきましょう。 昨今の高品質なゲームを快適に遊ぶためにはグラフィックカードが必須となります。現在のグラフィックカードは主にNVIDIA製のものとAMD製のモノがあります。(IntelのCPUに内蔵されているUHDグラフィックスなどのインテル製のチップもありますが、このチップはあくまでも一般ユーザー向けのチップとなっており、高品質なゲームを遊びたいゲームユーザー向けではないため、割愛します。) これらのグラフィックカードの構成を大雑把に説明すると、演算を行うGPU、テクスチャなどのデータを記憶するVRAMに分類することができます(図2.1)。

[図2.1 GPUとVRAM～その1]



さて、グラフィックカードを大雑把に見てみるとGPUとVRAMがあることが分かりました。では、もう少し詳細にGPUのアーキテクチャについて見ていきましょう。図2.2を見てください。

[図2.2 GPUとVRAM～その2]



GPUの内部には多数のコアと呼ばれる演算基が含まれており、前述したシェーダープログラムの実行はこのコアを使って並列に実行されます。例えば、100万頂点のモデルの描画コールを実行した場合、このコアで分担して100万頂点の頂点シェーダーを実行していくことになります。また、VRAMにはシーンを描画するために必要な各種リソースが乗っています。さて、そろそろリソースバインディングに関する話に近づいているのですが、もう少しだけグラフィックカードのアーキテクチャを詳細に見ていきましょう。図2.3を見てください。

[図2.3 GPUとVRAM～その3]

VRAM				
テクスチャ	定数バッファ	定数バッファ	定数バッファ	テクスチャ
	定数バッファ	定数バッファ	定数バッファ	
	定数バッファ	定数バッファ	定数バッファ	
テクスチャ	テクスチャ	頂点バッファ		
テクスチャ		インデックスバッファ		
		頂点バッファ	インデックスバッファ	
		頂点バッファ	テクスチャ	
頂点バッファ	インデックスバッファ			
インデックスバッファ				

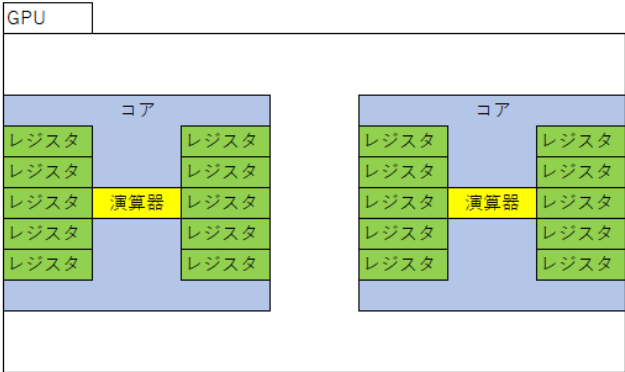


図2.3ではコアの内部情報を詳細に記載しています。コアの内部には数値演算を行うための演算器と高速なメモリのレジスタがあります。この演算器でシェーダープログラムを実行していると考えてください。ここで重要なのはレジスタです。シェーダープログラムが直接アクセスできるメモリはこのレジスタに乗っているデータになります。さて、ここで少しGPUの動きを考えてみましょう。アプリケーション側からユニティちゃんを描画するためのドローコールが実行されるとGPUはユニティちゃんを描画するためにレンダリングパイプラインを実行していきます。このパイプライン上に頂点処理を行う頂点シェーダーやピクセル処理を行うピクセルシェーダーが実行されていくわけです。この時、頂点シェーダーでは当然VRAMに乗っているユニティちゃんの頂点バッファやインデックスバッファにアクセスする必要があります。ピクセルシェーダーではユニティちゃんのテクスチャにアクセスする必要があります。しかし、VRAMにはその他のオブジェクトの頂点バッファやテクスチャといったグラフィックリソースもVRAMに乗っているのです。では、GPUはどのようにして多数あるVRAM上のリソースから、Unityちゃんのグラフィックリソースを選ばいいのでしょうか。答えを言うと、GPUが自動的にユニティちゃんのグラフィックリソースを選ぶということはできません。プログラマが明示的にプログラムを記載して、ユニティちゃんのグラフィックリソースを指定する必要があります。もう少し具体的に言うと、GPUの各種レジスタに使用するグラフィックリソースのアドレスを設定するのです(図2.4)。

[図2.4 GPUとVRAM～その4]

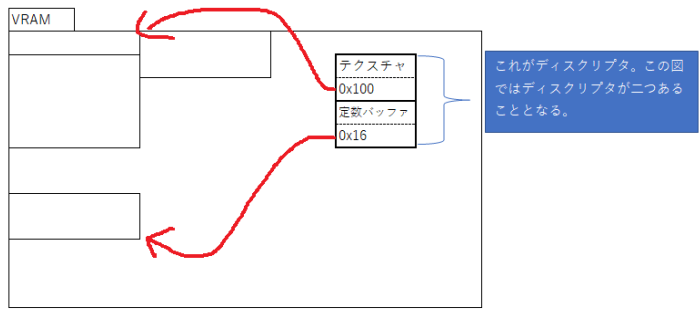


イメージとしてはC++のポインタをイメージしてみてください。レジスタに使用するリソースのアドレスを設定して、そのアドレスを使ってリソースをロードしていきます。そしてこのレジスタと使用するリソースを関連付けすることをリソースバインディングといいます。DirectX12を利用して絵を描画するためには、後述するディスクリプタ、ディスクリプタヒープ、そしてルートシグネチャを活用して、描画したい絵に必要なリソースとレジスタの関連付けを行う必要があります。

## 2.1 ディスクリプタ

まずはディスクリプタから見ていきます。ディスクリプタとはグラフィックメモリ内のリソースの情報が記述されているデータです。リソースというのは、単なるメモリの塊となります。ディスクリプタはそのメモリの塊がなんなのか、テクスチャなのか定数バッファなのかはたまたストラクチャードバッファなのか、といった情報が記述されています(図2.5)。

[図2.5 ディスクリプタ]



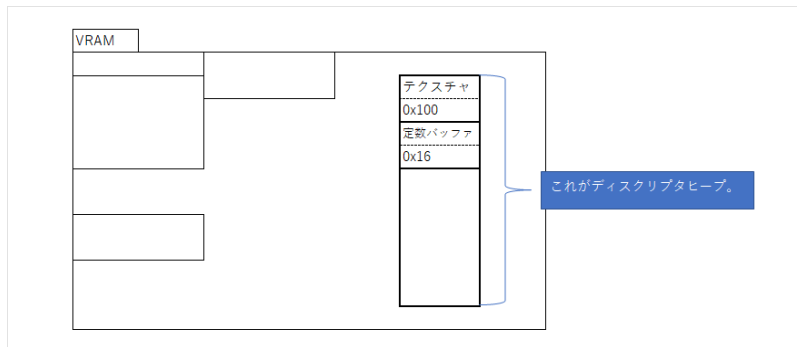
これがディスクリプタ。この図ではディスクリプタが二つあることとなる。

DirectX12のAPIを使ったリソースバインディングでは各種レジスタと、このディスクリプタを関連付けしていくことになります。

## 2.2 ディスクリプタヒープ

続いてディスクリプタヒープです。これはディスクリプタを記憶するためのメモリ領域です。ディスクリプタの配列のようなものだと考えてもらって買いません。DirectX12ではディスクリプタを作成する前に、ディスクリプタヒープを確保して、そこにリソース情報(ディスクリプタ)を記憶していきます(図2.6)。

[図2.6 ディスクリプタヒープ]



ディスクリプタヒープは単にディスクリプタを記憶するためのメモリ領域です。その領域にリソースの情報を記述していくことになります。下記のコードはディスクリプタヒープとディスクリプタの関係を示したC++の疑似コードです。

```
struct Descriptor{
    void* addr; // リソースのアドレス。
    int type;   // リソースの種類。
}
// ディスクリプタヒープを100バイト確保。
void* descriptorHeap = malloc( 100 );

Descriptor* descriptor = (Descriptor*)descriptorHeap;
// テクスチャの情報を書き込む。
descriptor[0].addr = 0x100; // アドレス。
descriptor[0].type = 1;     // 1はテクスチャを表している。
// 次は定数バッファ。
descriptor[1].addr = 0x200; // アドレス
descriptor[1].type = 2;     // 2は定数バッファを表している。
```

## 2.3 ルートシグネチャとディスクリプタテーブル

最後にルートシグネチャとディスクリプタテーブルです。正確にはここの話はディスクリプタテーブルに関する説明なのですが、ディスクリプタテーブルの情報はルートシグネチャの内部のデータとなるので、ルートシグネチャとディスクリプタテーブルという節タイトルになっています。ディスクリプタテーブルはレジスタ番号からディスクリプタのアドレスに変換するためのテーブルです。

2.2節までディスクリプタとディスクリプタヒープについて話をしてきましたが、結局ディスクリプタとレジスタをどのように関連付けるのかは分かりませんでした。この関連付けを行うのがディスクリプタテーブルです。

ディスクリプタテーブルの話に入る前に、そもそもテーブルというのが何なのか解説します。テーブルというのは、何かのデータ(番号など)を使って、別のデータを取り出すためのデータ構造のことを指します。例えば、学生の出席番号を使って、学生の年齢を取得するテーブルについて考えてみましょう。このような場合C++であれば1次元配列が利用されます。次の疑似コードを見てください。

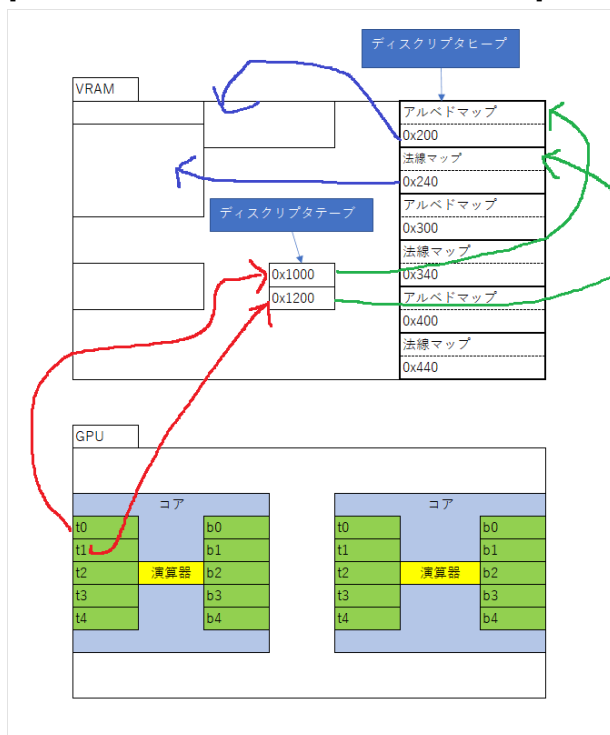
```
// 年齢は出席番号の順番で格納されている。
int studentAgeTable[5] = { 20, 19, 21, 19, 20 };
// 出席番号4番の学生の年齢を表示。配列の添え字は0から始まるので、出席番号-1を添え字とする。
printf("出席番号4番の学生の年齢 = %d", studentAgeTable[3]);
// 出席番号2番の学生の年齢を表示。配列の添え字は0から始まるので、出席番号-1を添え字とする。
printf("出席番号2番の学生の年齢 = %d", studentAgeTable[1]);
```

いかがでしょうか。それほど難しい話ではなかったと思います。ディスクリプタテーブルもこれと全く同じです。ディスクリプタテーブルはレジスタ番号を使って、ディスクリプタのアドレスを取得します。下記のコードはディスクリプタテーブルを使って、レジスタとディスクリプタを関連付ける疑似コードです。

```
void* descriptorTable[5] = { 0x1FFF, 0x2FFFF, 0x0123, 0x3A5D, 0xB29F };
// 0番のレジスタに割り当てられているディスクリプタのアドレスを取得。
void* descriptorAddr_0 = descriptorTable[0];
// 2番のレジスタに割り当てられているディスクリプタのアドレスを取得。
void* descriptorAddr_2 = descriptorTable[2];
```

図2.7にDirectX12のリソースバインディングのイメージ図を示します。

[図2.7 リソースバインディングのイメージ図]



## 2.4 リソースバインディングの流れ

この節ではリソースバインディングの流れを疑似コードを交えて解説します。まずは大雑把な流れを押さえておきましょう。まずは初期化の流れです。

1. ディスクリプタヒープを確保
2. ディスクリプタヒープにディスクリプタの情報を書き込んでいく。
3. ディスクリプタテーブルを作成(ルートシグネチャを作成) 続いて、毎フレームのドローコールです。

4. ディスクリプタヒープを設定。
5. ディスクリプタテーブルを設定。
6. ドローコールを実行。

では、まずは初期化の疑似コードを見ていきましょう。なお、今回はディスクリプタヒープに複数のオブジェクトのリソースが登録されているとします。

```
struct Descriptor{
    void* addr;        // リソースのアドレス。
    int type;          // リソースの種類。
};

// ディスクリプタヒープ。
Descriptor* g_descriptorHeap = nullptr;
// モンスターのデスクリプタテーブル。
Descriptor* g_monsterDescriptorTbl[10];
// 地面のディスクリプタテーブル。
Descriptor* g_groundDescriptorTbl[10];

void Init()
{
    const int MAX_DESCRIPTOR = 1000;    // ディスクリプタの最大数。
    // ディスクリプタヒープを確保する。
    g_descriptorHeap = malloc(sizeof(Descriptor) * 1000);
    // 怪物のモデルを描画するためのリソースをディスクリプタを書き込んでいく。
    // アルベドマップ
    g_descriptorHeap[0].addr = 0x1000;
    g_descriptorHeap[0].type = 1;
    // 法線マップ
    g_descriptorHeap[1].addr = 0x2000;
    g_descriptorHeap[1].type = 1;
    // メタリックスムーズマップ
    g_descriptorHeap[2].addr = 0x2400;
    g_descriptorHeap[2].type = 1;

    // 続いて地面のモデルを描画するためのリソースをディスクリプタに書き込んでいく。
    // アルベドマップ
    g_descriptorHeap[3].addr = 0x3000;
    g_descriptorHeap[3].type = 1;
    // 法線マップ
    g_descriptorHeap[4].addr = 0x4000;
    g_descriptorHeap[4].type = 1;
    // スペキュラマップ
    g_descriptorHeap[5].addr = 0x4400;
    g_descriptorHeap[5].type = 1;

    // 続いてモンスターのディスクリプタテーブルを初期化する。
    // 0番レジスタはアルベドテクスチャ
    g_monsterDescriptorTbl[0] = &g_descriptorHeap[0];
    // 1番レジスタは法線マップ
    g_monsterDescriptorTbl[1] = &g_descriptorHeap[1];
```



```
// 2番レジスタはメタリックスムースマップ
g_monsterDescriptorTbl[2] = &g_descriptorHeap[2];

// 続いて地面のディスクリプタテーブルを初期化する。
// 0番レジスタはアルベドテクスチャ
g_groundDescriptorTbl[0] = &g_descriptorHeap[3];
// 1番レジスタは法線マップ
g_groundDescriptorTbl[1] = &g_descriptorHeap[4];
// 2番レジスタはメタリックスムースマップ
g_groundDescriptorTbl[2] = &g_descriptorHeap[5];
}
```

今回の疑似コードでは、大きなディスクリプタヒープを確保して、そこに各種モデルのディスクリプタを登録していています。しかし、必ずしもディスクリプタヒープは1つである必要はなく、複数のディスクリプタヒープを利用することも可能です。例えば、本校のエンジンのモデル表示処理では、モデルごとに1つのディスクリプタヒープが用意されています。このディスクリプタヒープにモデルの各マテリアルに設定されテクスチャのディスクリプタを登録しています。では、続いて、毎フレームのドローコールの疑似コードを見ていきましょう。

```
void Render()
{
    // ディスクリプタヒープを設定。
    g_renderContext.SetDescriptorHeap(g_descriptorHeap);
    // モンスターを描画
    .
    . 他にも頂点バッファやインデックスバッファなど色々設定してるが省略。
    .

    // モンスターのディスクリプタテーブルを設定。
    g_renderContext.SetDescriptorTable(g_monsterDescriptorTbl);
    // ドロー。
    g_renderContext.Draw();

    // 地面を描画
    .
    . 他にも頂点バッファやインデックスバッファなど色々設定してるが省略。
    .

    // 地面のディスクリプタテーブルを設定。
    g_renderContext.SetDescriptorTable(g_groundDescriptorTbl);
    // ドロー。
    g_renderContext.Draw();
}
```

## 2.5

# Chapter2 パイプラインステート

---

# Chapter3 Zテスト

---

## Chapter4 アルファテスト

---

## Chapter5 カリング

---