

ゲームエフェクトにおけるプロシージャルモデリング について

株式会社 スクウェア・エニックス / 高安 晶子

略称について

- 『Unreal Engine 4』 をスライド内では 『UE4』 と記載しています。

プロシージャルとは？

- ▶ 日本語では「手続き型」「手続き的」などと訳される。数式や処理を組み合わせ、何らかの操作を行うことを指す。

ゲームでのプロシージャルとは？

- ▶ **ゲームプレイ中とアセット制作のワークフロー内**にあるといえる

ゲームプレイ中のプロシージャルとは

- ▶ 何かを自動生成する技術であると言える

 - レベル自体の自動生成

 - アニメーションの自動生成

 - テクスチャの自動生成

 - AI

ゲームプレイ中のプロシージャルなもの

- ▶ 人喰いの大鷲トリコ
- ▶ いろんなシチュエーションに対応する為、自動生成されるアニメーション
- ▶ <https://game.watch.impress.co.jp/docs/news/1078550.html>

- ▶ NO MAN'S SKY
- ▶ 宇宙の自動生成
- ▶ <https://game.watch.impress.co.jp/docs/news/691375.html>

- ▶ ASSASIN'S CREED でのサブスタンスデザイナーUnityの使用
- ▶ <http://www.4gamer.net/games/032/G003263/20130327092/>

- ▶ インディーズゲーム
- ▶ [VR内でのオブジェクトの分割](#)

ゲームのワークフロー内では？

- ▶ テクスチャ作成（例：Substance）
- ▶ マテリアル作成（例：UE4のマテリアルエディタ）
- ▶ ゲームロジック作成（例：UE4のBlueprint）
- ▶ アニメーション作成（例：[トカゲのアニメーション](#)）

▶ モデリング

背景制作を思い浮かべる事が多いと思う

Houdiniによるモデリングが 最近主流であると言える

Houdini Engineを使用して、ゲームエンジン上で直接配置したり

EX) ビル、配置に手間取る配管など 岩なども何種類も作成できたりする

<https://vimeo.com/210832999>

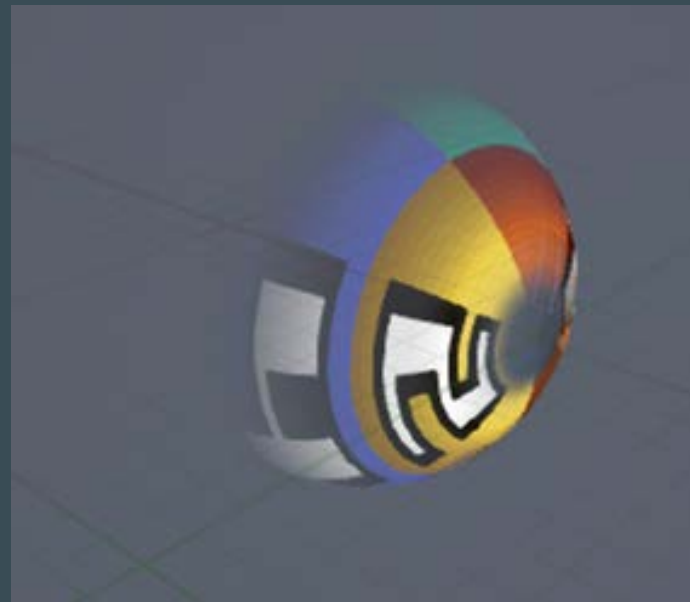
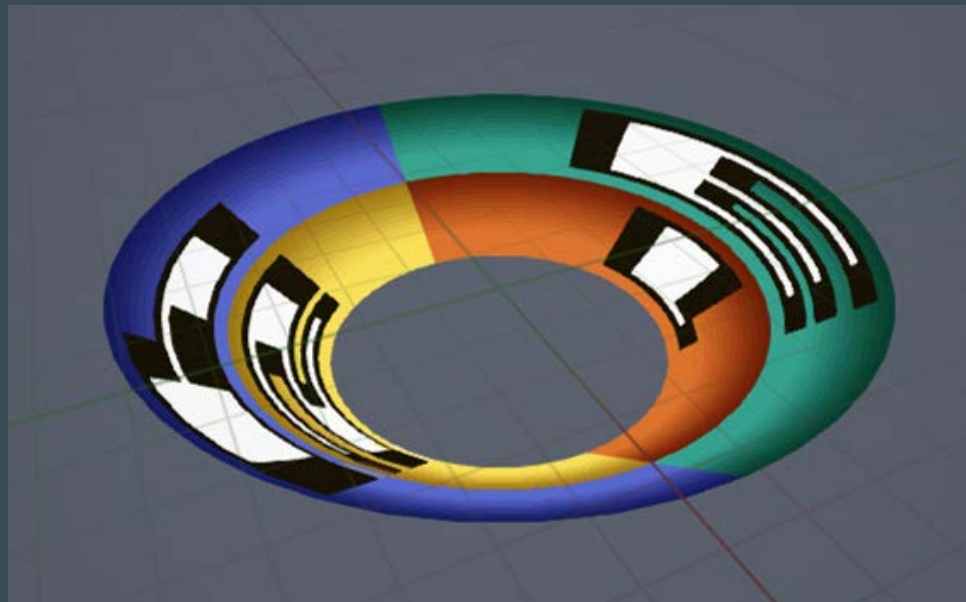
[インディーズゲームの2D背景](#)

ゲームエフェクトにおけるプロシージャルとは？

- ▶ プロシージャルに組んだアセットを使い、最適解を探しながら作業を効率化し、制作環境を構築する事
- ▶ 手戻りの出来る作業環境であること
- ▶ パーティクルエディタもプロシージャル と言えそう
モジュールを組み合わせて構成していく形

プロシージャル モデル実例 1

- ▶ こういったメッシュをHoudini Engineにより作成



作業環境

- ▶ ゲームエンジン → UE4
- ▶ 作業ツール → DCCツール (Maya, Houdini)

なぜ、必要だったか

- ▶ Houdini Engineがない環境では、

Maya → Export (FBX) → UE4

修正時、同じ作業が必要になってくる

Maya → Export (FBX) → UE4

なぜ、必要だったか

- ▶ エフェクト制作では、数多くトライアンドエラーをすることが多く、以下のような軽微な作業でもちりつもになれば、たくさんの時間を要するので

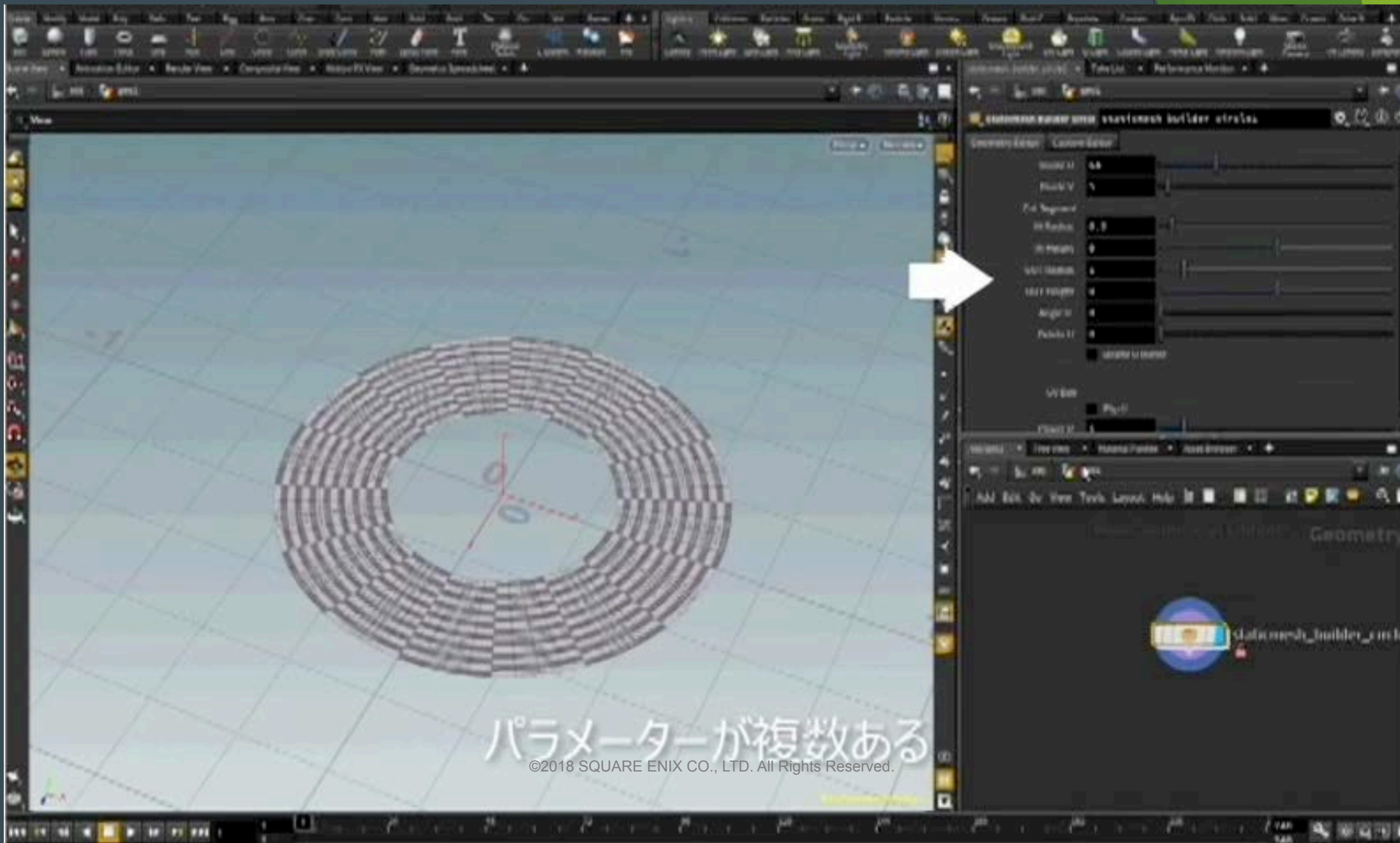
Maya → Export (FBX) → UE4

なぜ、必要だったか

▶ Houdini Engine があれば

UE4のみ

で作業が簡潔に出来る



パラメーターが複数ある

©2018 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

内部の構成は？

- ▶ 三角関数をメインに、既存のノードとwrangleで作成。
- ▶ 円盤状の方は、チューブ状のものにUVを貼り、後でラティスを使用し、潰して形状を作成
- ▶ 球の方は、だいたい一緒なので割愛

具体的にこういったモデルの容量

▶ model vertex Triangle size

Model	Vertex	Triangle	Size
立方体	24	12	5kb
円盤	33	32	7kb
円盤 (High)	645	1024	75kb
カップ形状	147	192	17kb
板	4	2	4kb
板 (High)	169	288	22kb
球体	528	960	64kb

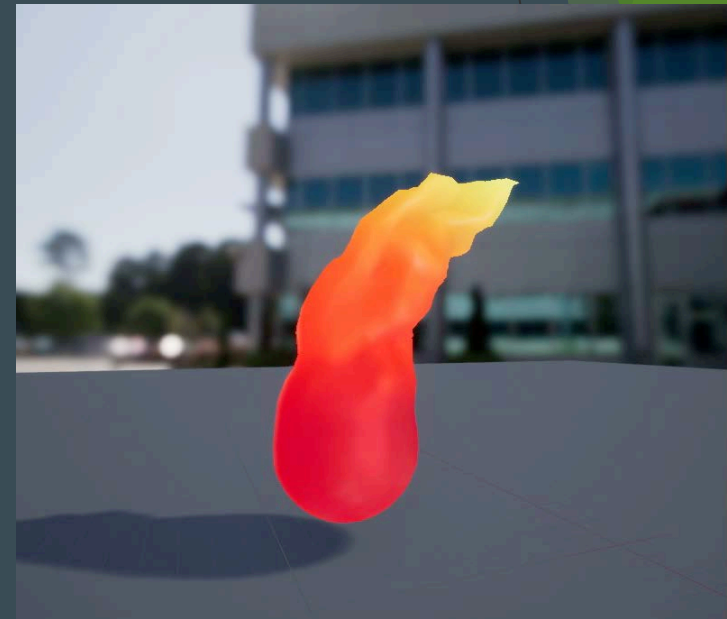
ちなみに

- ▶ PS4では、メモリ8GBをこのように分割する。
- ▶ エフェクトの割り当てはだいたい少ないので、気づける必要がある。



実例 2 VAT(Vertex Animation Texture)

- ▶ Houdiniの作業で完結するが、ノードを組んで作業をするという点でプロシージャルではなかろうか
- ▶ シミュレーションをして、メッシュ化してUE 4へ



Vertex Animation Texture を使用

- ▶ リアルタイムで、ダイナミクス表現をするために活用する技術の一つ

VAT (Vertex Animation Texture) とは？

- ▶ テクスチャにフレームごとの位置情報等を持たせ、それに基づいてUE4上で頂点を動かし、再生するもの

VAT ではどんな情報をテクスチャに持たせるのか？

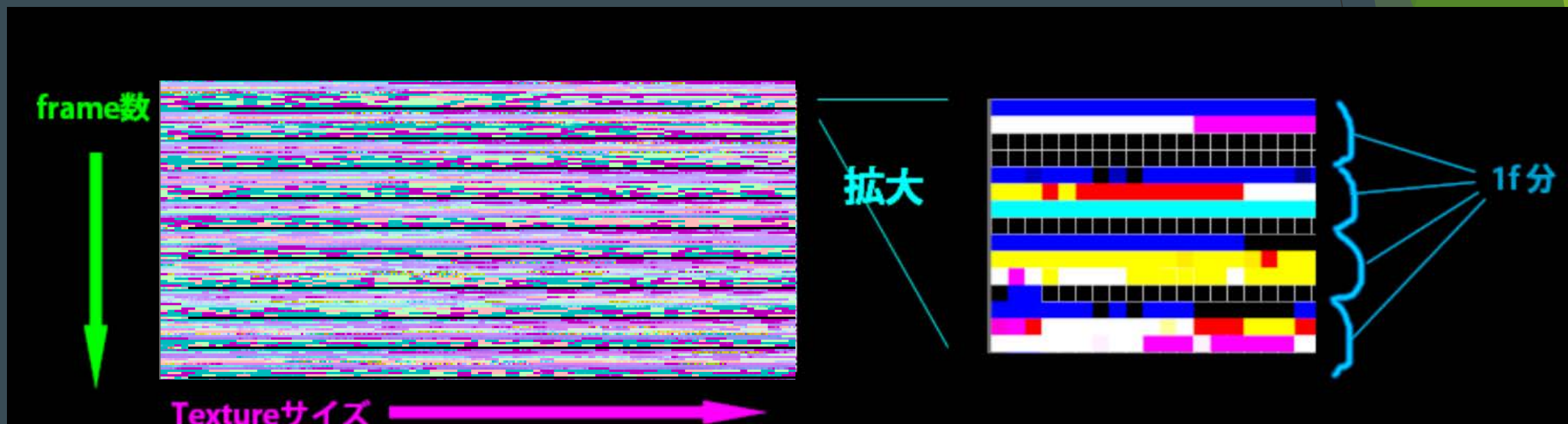
- ▶ 頂点の **位置**、**法線** の情報が書き出されます。
- ▶ 1 pixel に 1 頂点の情報が格納されます。
- ▶ ソフトボディ、フルイド
RGB → XYZ (位置) Alpha → Normal (法線)
- ▶ リジッドボディ
RGB → XYZ (位置) RGBA → 回転



VAT ではどんな情報をテクスチャに持たせるのか？

- 以下のような構成で書き出されます。

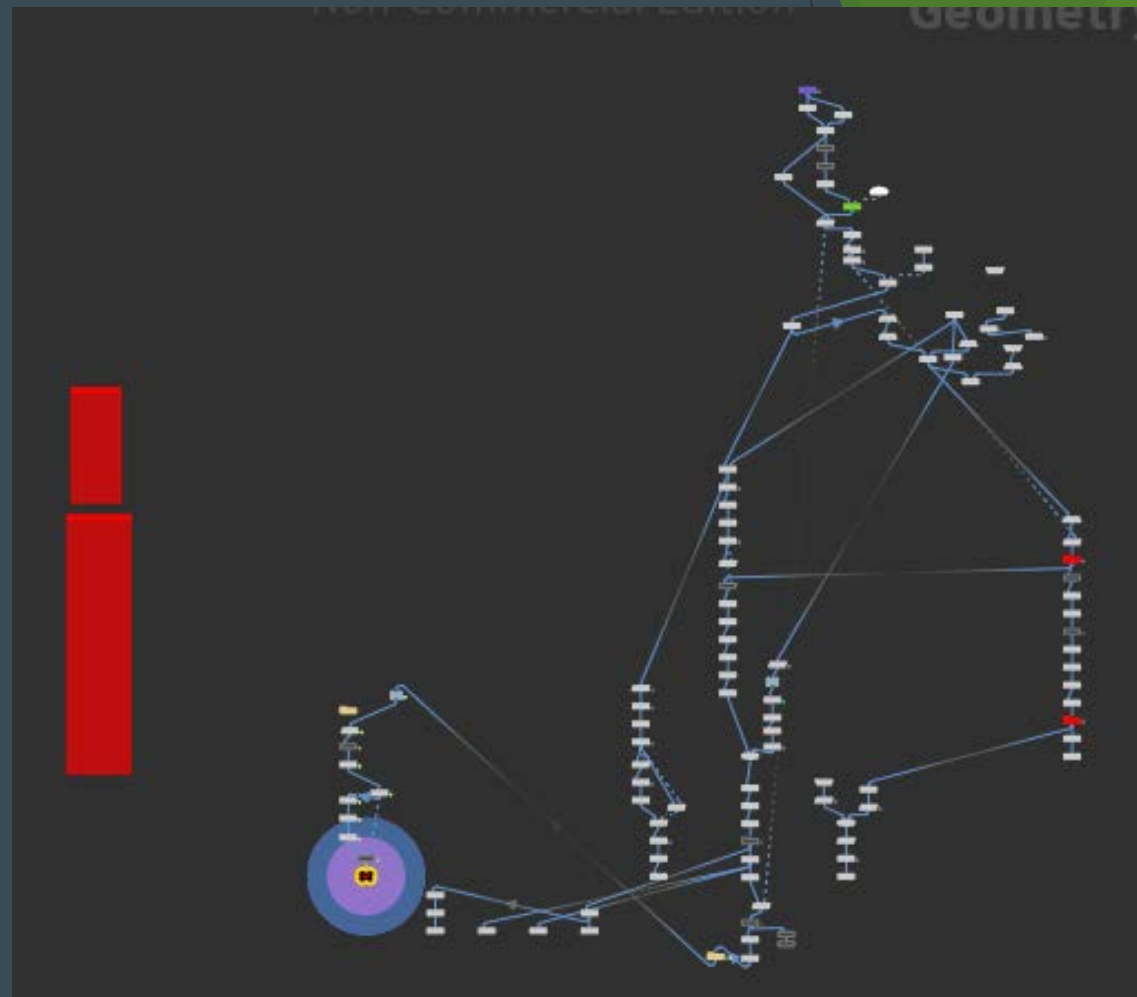
1px → 1頂点 になります。



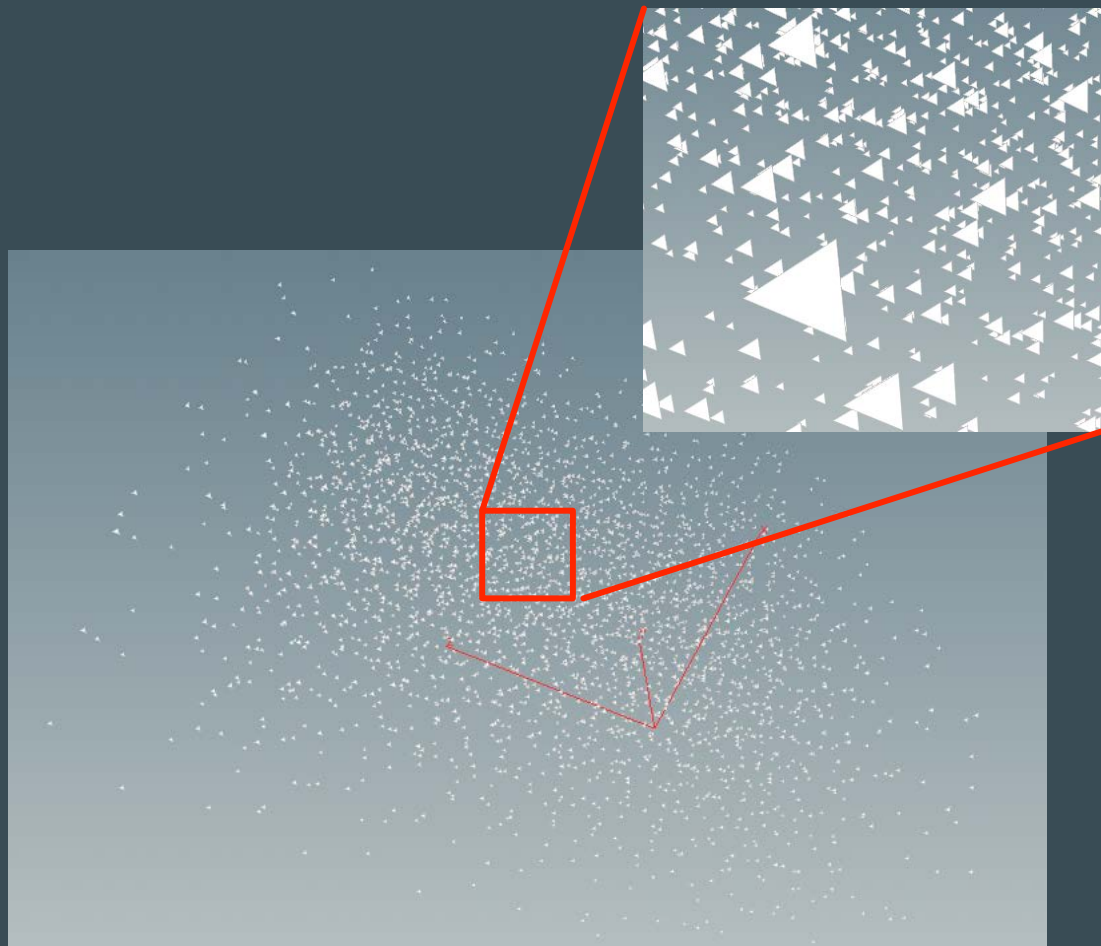
どういった構成か

- ▶ シミュレーション → ループ化 → メッシュ化 → 形の調整
→ 色の転送 → 色の調整 → データの整理 → UE4へ書き出し
- ▶ メッシュクラウドとテクスチャで書き出し
- ▶ マテリアルはUE 4 上で組む必要がある

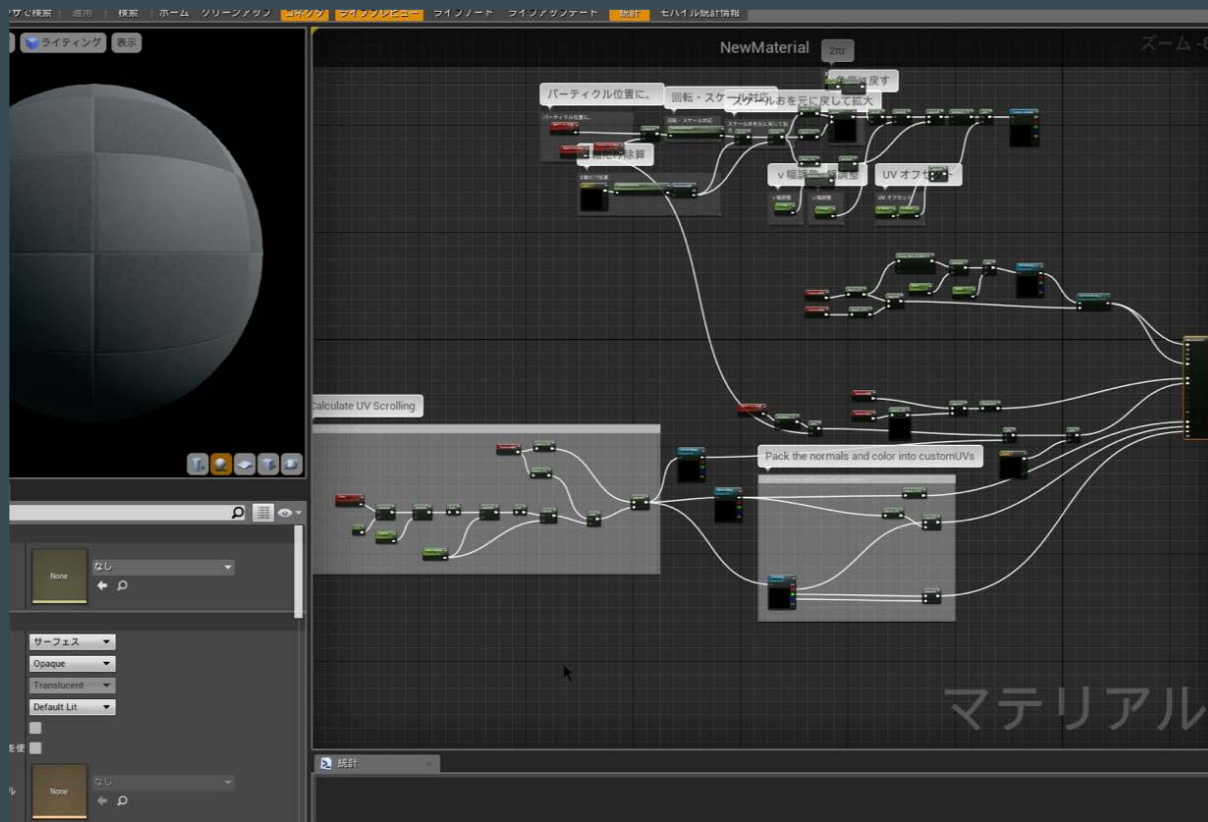
ノードの構成



メッシュクラウドとテクスチャ



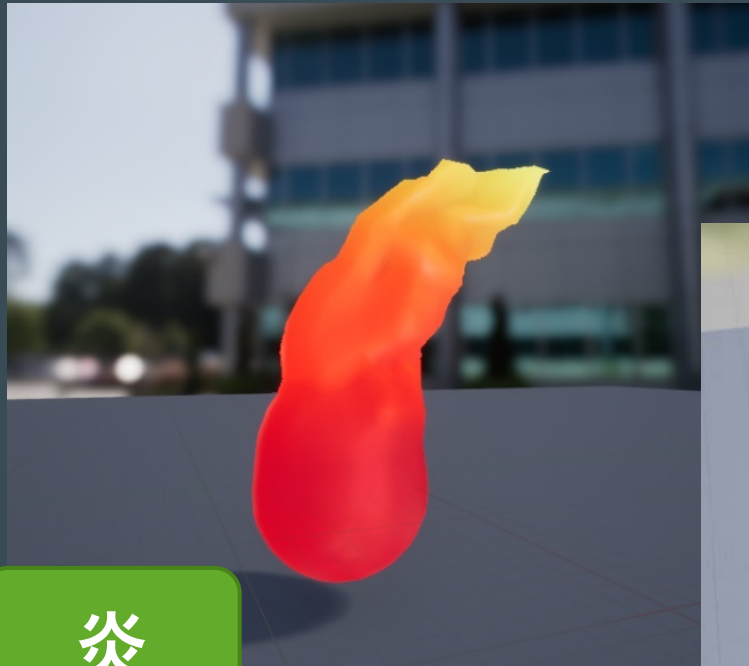
UE4上で再生する機構を持ったマテリアルを作成



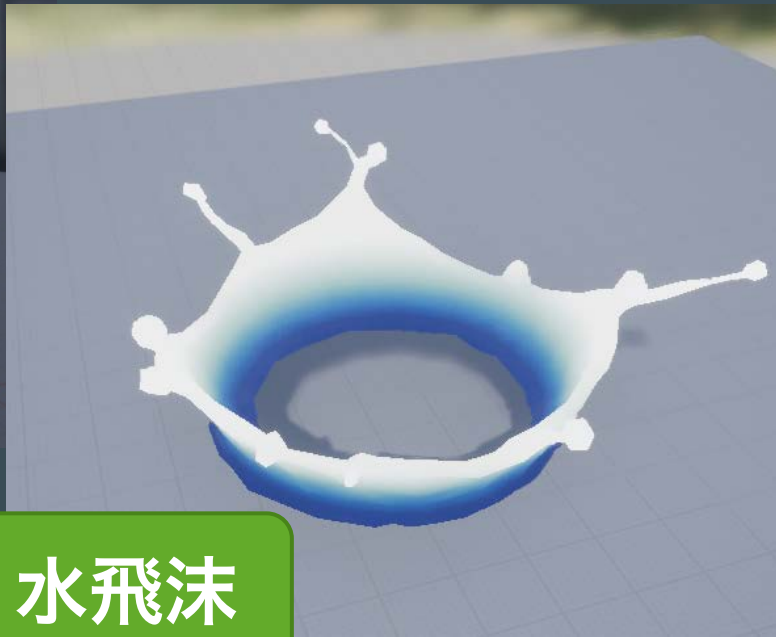
何故、こういうものが必要だったか。

- ▶ 現在のゲームエンジンでは、処理が重く流体を表現できないのでこういったテクニクが必要になってくる（従来の方法だと、スプライトを利用した連番の再生となる）
- ▶ 2Dでシミュレーションをリアルタイム行って活用するケースもあるにはある
- ▶ バイクする場合、ジオメトリキャッシュではディスク容量とメモリ容量を圧迫しすぎて現実味がない
 - ジオメトリキャッシュを使用して破壊表現を行っているケースもある（RYSE : Son of Rome）
<http://3dnchu.com/archives/building-an-empire-ryse/>
- ▶ 破壊シミュレーションをバイクする場合、骨にバイクする手もあるがCPU負荷になる味方や敵といったキャラクターが多く出るタイトルではCPU負荷の方がネックになりがちそこでVATだとGPUで処理が可能 CPU負荷が軽減できるというメリットがある

こういった表現が可能



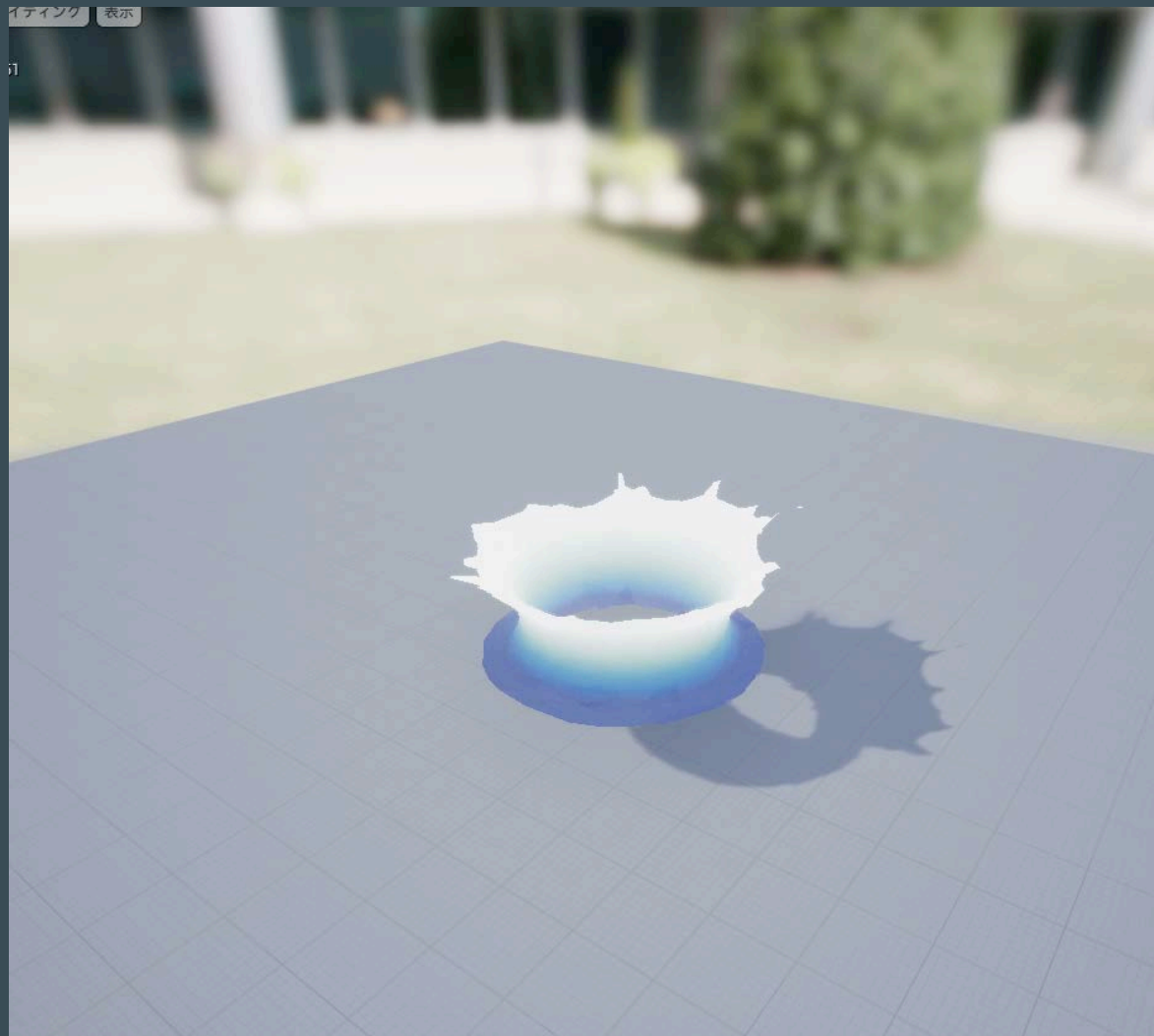
炎

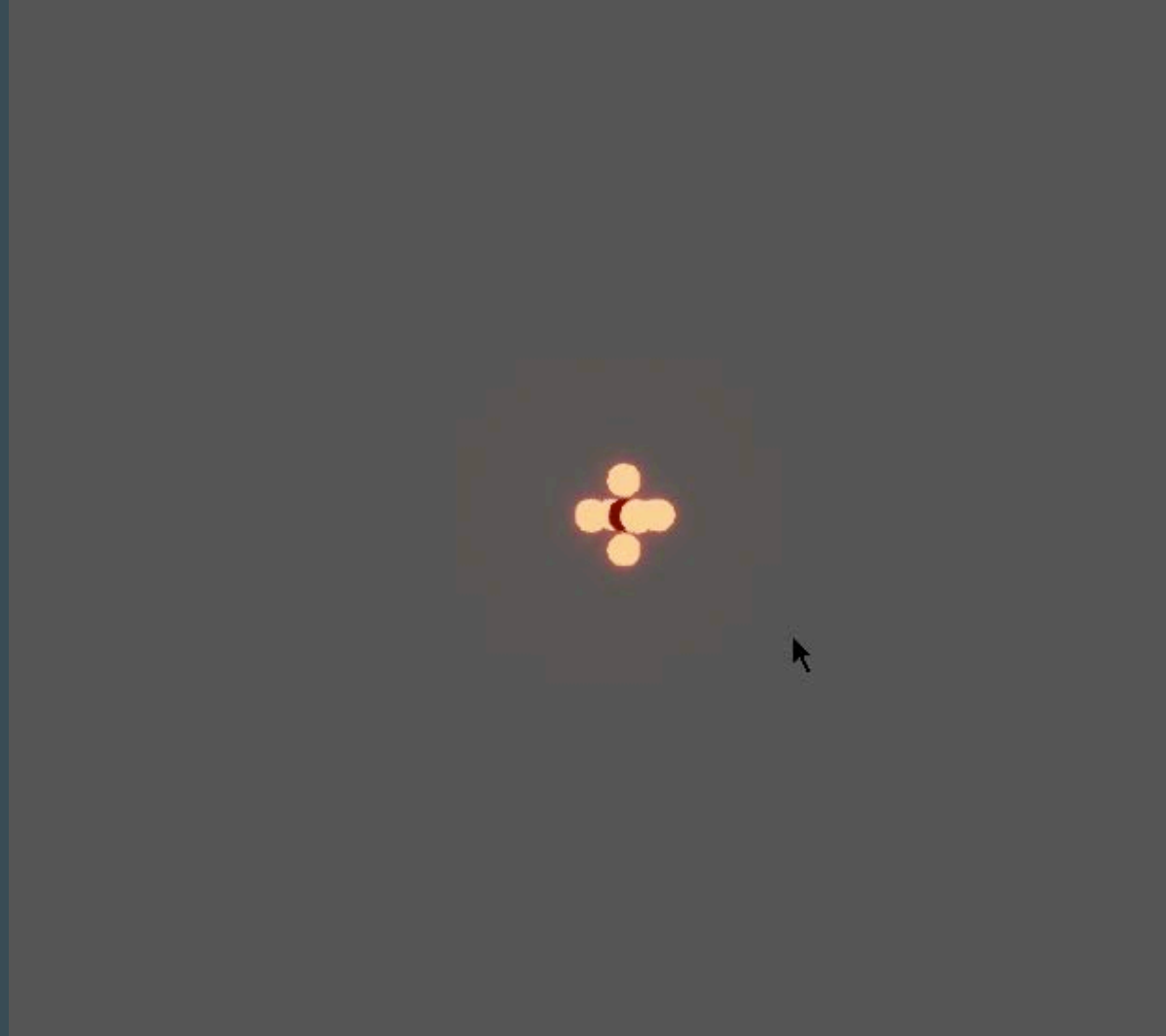


水飛沫



プリミティブ爆発





©2018 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.

テクスチャのサイズ等 (炎)

- 実際に使用したデータの情報は以下になります
- 尺は31 f ループ

Texture	Size	Pixel	Setting
Position	4.9MB	1024 x 620	HDR
Normal	4.9MB	1024 x 620	HDR
Weight	4.9MB	1024 x 620	HDR

テクスチャのサイズ等 (炎)

- 実際に使用したデータの情報は以下になります
- 尺は31 f ループ

Texture	Size	Pixel	Setting
Position	4.9MB	1024 x 620	HDR
Normal	4.9MB	1024 x 620	HDR
Weight	4.9MB	1024 x 620	HDR

テクスチャのサイズ等 (炎)

- 実際に使用したデータの情報は以下になります
- 尺は31 f ループ

Texture	Size	Pixel	Setting
Position	4.9MB	1024 x 620	HDR
Normal	4.9MB	1024 x 620	HDR
Weight	4.9MB	1024 x 620	8bit Grayscale

テクスチャのサイズ等（ミルククラウン）

- 実際に使用したデータの情報は以下になります
- 尺は27フレーム

Texture	Size	Pixel	Setting
Position	0.9MB	1024 x 108	HDR

テクスチャのサイズ等（プリミティブ爆発）

- 実際に使用したデータの情報は以下になります
- 尺は29 f

Texture	Size	Pixel	Setting
Color	150KB	618 x 29	HDR
Emissive	150KB	618 x 29	HDR
Position	150KB	618 x 29	HDR

テクスチャのサイズ等 (プリミティブ爆発)

■ フルイド (炎)

Texture	size	pixel
Position	4.9MB	1024x620
Normal	4.9MB	1024x620
Weight	4.9MB	1024x620

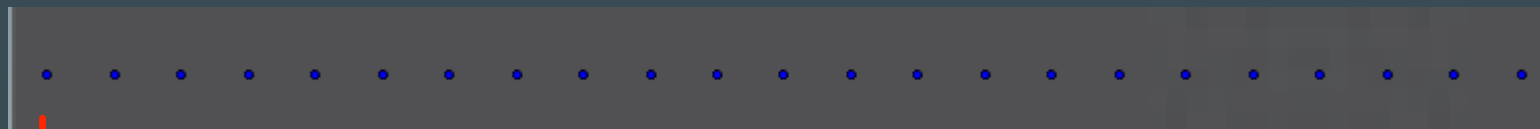
■ リジッドボディ (プリミティブ爆発)

Texture	size	pixel
Color	150KB	618x29
Emissive	150KB	618x29
Position	150KB	618x29

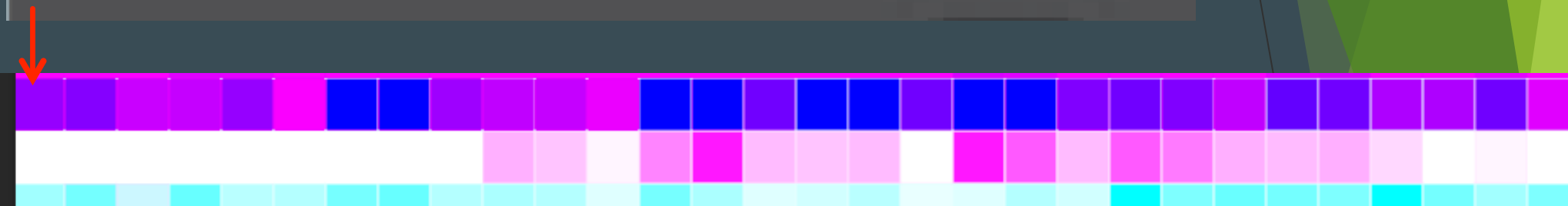
プリミティブ爆発は容量が小さくなる

1つのプリミティブ分のUV

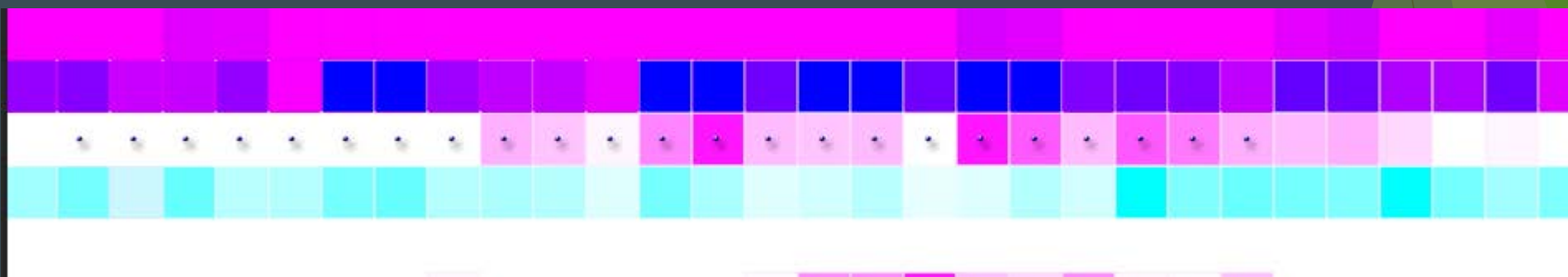
UV



位置情報



1 f →
1 f →
1 f →

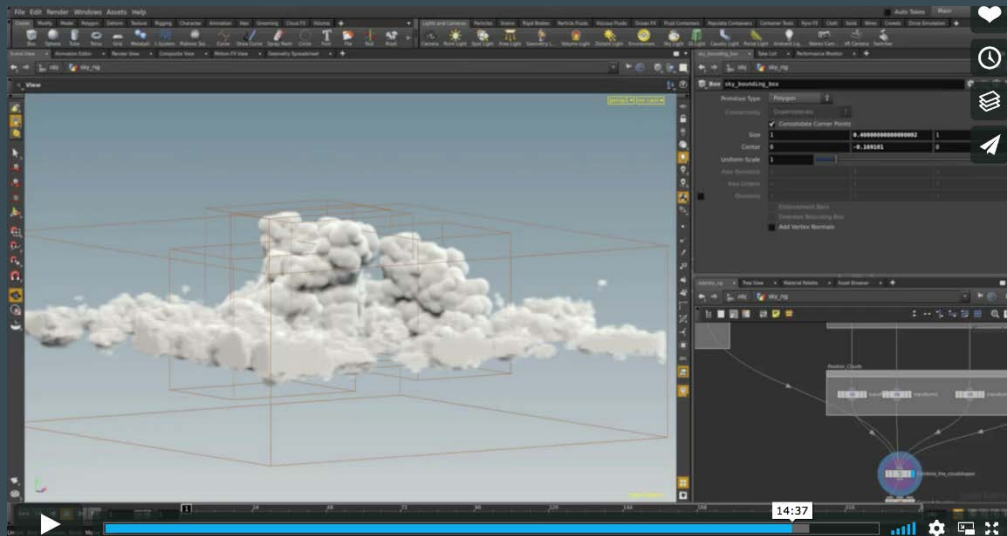


VATの今後

- ▶ 流体表現では、現在、面を作るため位置が同じ場所の頂点にも、同じ値が割り振られ、テクスチャとして書き出されているが、Index番号を別で持たせることにより、さらに容量の削減をできそうである

海外の事例

- ▶ 雲の配置（Battlefield 1 Battlefield 1）
- ▶ エフェクトか背景が怪しいが プロシージャルモデリング と言えるのではないか
- ▶ <https://vimeo.com/207921165>



炎の配置

- ▶ モデルの表面に炎の板モデルを自動で配置する例
- ▶ <https://www.sidefx.com/tutorials/curvesweeper-intro-to-houdini-engine-houdini-for-games/>



ゲームエフェクトにおいてプロシージャルとは、

- ▶ プロシージャルなデータを作成可能なツールを使用してのアセット制作
- ▶ 作業途中において自由に手戻りが可能
- ▶ 誰でも一定品質のアセットが作成できる
- ▶ バリエーションを量産できる
- ▶ 人間がやらなくて良い行程を自動化できる



- ▶ 一回ノードを組んでしまえば、同じ作業を繰り返すことなく、必要なところだけを更新することによりトライアンドエラーが可能な環境、また、ノードの組み替えにより、作業時間が大幅に削減できる場合もこれにあたるのでは

プロシージャルな作業ではないとは？

- ▶ 作業者が容易に要望に合わせた変更を行えない状況
- ▶ 同じ作業を繰り返す必要があり、効率的でない状況

ただし・・・

- ▶ これまでに人間の感性が大きくて関与して表現されたものをプロシージャルで実現するには作業者に非常に高いスキルを求められると思う
(センスのアルゴリズム化)
- ▶ それも時間の問題？
- ▶ プログラマとアーティストでは、プロシージャルという認識に大きな格差が生まれそうな気がする

- ▶ 本日は、それが楽しみであったりします

プロシージャルについて何人かに ヒアリングしてみました

- ▶ 実際に背景がプロシージャルで作られたゲームはあるのか気になる
- ▶ 会社の規模はどれくらいのところを使っているのか知りたい
- ▶ サブスタンスをUnityで利用していたアサシンクリード 今は使用しているの？
- ▶ アンチャーはサブスタンスの使用をやめたとのこと
理由が技術差で容量に差が出るため
エクスポートで共通化したほうがよかった
- ▶ 少人数のほうが恩恵がありそう
人数が多いと物量をこなせてしまうし、個体差が出る

プロシージャル について何人かにインタ ビューしてみました

- ▶ プロシージャル の詰め作業はどこまでしているの？
八割がたは作業できるが、その後は？
行ききれるか、そこでやめてしまうのか
詰めはクライアント側の好みが出るので、柔軟な対応が必要になるから難しいのでは
- ▶ 本格的に取り組むには上の方がプロシージャルに対して理解があるか？も鍵になりそう

プロシージャル について何人かにインタ ビューしてみました

- ▶ ほんとにプロシージャルで全部いけるのか？
- ▶ 例は、あるのか？
- ▶ 責任が持てない（マイナスではなく、それがプロシージャルを利用しなくてこなせる環境があるなら、それを生かしたほうが良い）
- ▶ ワークフローに取り入れても足並みを揃えるのが難しい
レガシーで職人的なワークフローを好む人もいる
- ▶ やらなくても作れるならそれでいいのでは

プロシージャル について何人かにインタ ビューしてみました

- ▶ 量産時に非破壊でどこまでスタックできるか
- ▶ あくまで道具のひとつとしてかんがえている
- ▶ パイプライン化が出来て、みんなが恩恵を受けることができる
- ▶ 8割の完成度でむしろ良い
- ▶ エフェクトはプロシージャルで行き来できる
- ▶ 汎用的なプロシージャルと個人レベルのプロシージャルがある
- ▶ 個人レベルの作業効率が良くなるアセットとチームレベルで効率化を測れるものは別

プロシージャル について何人かにインタビュしてみました

- ▶ 破壊的なものとは
ロジックがない
- ▶ ロジックに落とし込んでるとプロシージャル感が強いが、ロジックに落とし込みすぎると堅牢性は増すが完成度が落ちる
- ▶ 背景班「プロシージャルのみでレベルを完成するのは不可能。TA班のみなら、出来るかもしれない」
- ▶ 適当な完成度までいって、あとは人の手で作っていく想定
- ▶ プロトタイプ作成までかな
- ▶ 壊れにくい（Houdini がもてはやされる理由 しかも、ノードベースなのでファイルが軽い）
- ▶ 他ソフトでは集約するとデータを持ってしまい重くなる

プロシージャル について何人かにインタ ビューしてみました

- ▶ みんなで使うプロシージャール
- ▶ デザインのプロシージャルはむずい
- ▶ アナスタシアさん デザインの言語化している
 - ▶ 気持ちよさを重力値に置き換え、ランダム性に活かした
- ▶ そこで機械学習が出て来るのかな
- ▶ 局所的な最適解を見つけるのは難しい
- ▶ 機械学習で全部まかなえる時代は来るのかな、その時代は
- ▶ エフェクトだと、UE4のCascadeはプロシージャルな例では
 - ▶ (手続き型 非破壊 エフェクト同士でコピペ出来る)
- ▶ 背景で制作している破砕はプロシージャル
- ▶ 現状はモデルを改変するくらい (Pivotの変更とか)

使用している会社を調べてみた

- ▶ FrimaStudio
- ▶ http://sidefx.jp/index.php?option=com_content&view=article&id=147%3Afrima-studio-houdini-for-temid=435

Frima Studio	
Type	Private
Industry	Video games, Animation
Founded	2003
Headquarters	395, rue Victor Revillon Quebec City, Quebec G1K 3M8
Key people	Philippe Bégin, Christian Daigle, Steve Couture
Products	FATED, Chariot, Nun Attack, Nun Attack: Run & Gun, MaXi, Talent Not Included, A Space Shooter for 2 Bucks!
Number of employees	200
Website	www.frimastudio.com

https://en.wikipedia.org/wiki/Frima_Studio

使用している会社を調べてみた

- ▶ 『MAFIA Ⅲ』を制作する2K GAMESの“Hanger13”開発スタジオ
- ▶ <https://www.sidefx.com/games/>
- ▶ <http://www.hmv.co.jp/newsdetail/article/1604215026/>



https://ja.wikipedia.org/wiki/2K_Games



<https://vimeo.com/205587033>

まとめ

- ▶ たくさん使用している会社がありました
- ▶ 規模もまちまちです
- ▶ ただ、プロシージャルの作業のみで完成度をどこまで持っていったか、気になるところです
- ▶ <https://www.sidefx.com/games/>
- ▶ プロシージャル は、ツールとしての側面が大きそう
- ▶ 8割がたの作業できそうだが、最終調整は、ツールが相当優秀でないと力技になりそう
- ▶ 全体で使うか個人レベルで使うかによって求められるクオリティが変化しそう
- ▶ プロシージャル を受け入れる環境も必要そうである

ご静聴ありがとうございました

人喰いの大鷲トリコは株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメントの商標または登録商標です。

NO MAN'S SKYはHello Games Limitedの商標または登録商標です。

ASSASSIN'S CREEDはUBISOFT ENTERTAINMENTの商標または登録商標です。

UNITYはUnity IPR ApSの商標または登録商標です。

UNREALはエピック・ゲームズ・インコーポレーテッドの商標または登録商標です。

PS4は株式会社ソニー・インタラクティブエンタテインメントの商標または登録商標です。

MAFIAはテイクツー インタラクティブ ソフトウェア インクの商標または登録商標です。

その他掲載されている会社名、商品名は、各社の商標または登録商標です。

©2018 SQUARE ENIX CO., LTD. All Rights Reserved.