



Play It Forever

今日と明日のためのゲームアート

Kevin Björke テクノロジ エンジンヤリスト

2007年9月

「Forever」とはどれくらい？

● ハングル語: 바람의 나라



©1996-2007 Nexon

NVIDIA Confidential • 2007

Nexus: 風の王国

● 1996年、Nexonからリリース

● ビジネスとして現在も稼働中

● 1996年の状況:

- Googleはなかった
- アニメ(VHS)をレンタルするのに30マイルも運転しなければならなかった
- 12インチのレーザー ディスクがまだカッコよかった
- 新しい映画「トイストーリー」
- 新しいOSのWindows 95
- 新設のVGAコントローラ会社: 「NVIDIA」

NVIDIA Confidential • 2007

今日のNVIDIA

● プログラム可能なグラフィックス プロセッサ テクノロジーの世界的なリーダー

● 30億ドル+収益

● 3600名を超える従業員

● 過去3年で、R&Dに10億ドル以上投入



NVIDIA Confidential • 2007

イノベーションの歴史

● グラフィックス プロセッシング ユニット(GPU)を考案

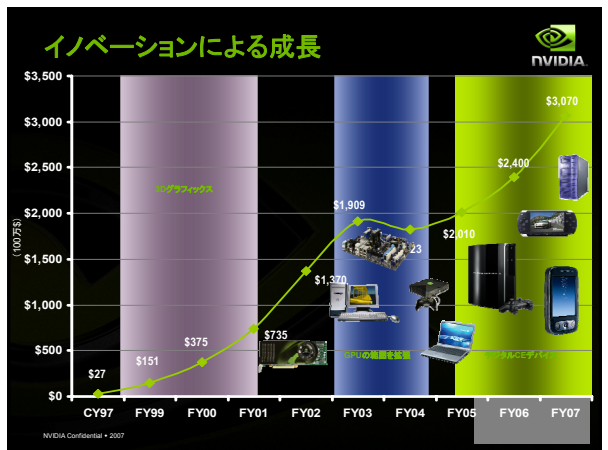
● プログラム可能なシェーディングを開発

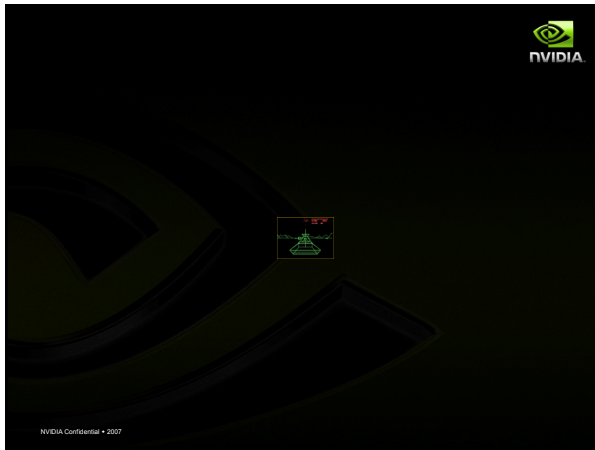
● 2000を超える特許*



Year	GPU Model	Transistors
1995	NV1	100万個のトランジスタ
1999	GeForce 256	2,200万個のトランジスタ
2002	GeForce 4	6,300万個のトランジスタ
2003	GeForce FX	1億3,000万個のトランジスタ
2004	GeForce 6 Series	2億2,200万個のトランジスタ
2005	GeForce 7 Series	3億2,000万個のトランジスタ
2006	GeForce 8シリーズ	6億8,100万個のトランジスタ

* 特許取得および特許出展中





フランツ カフカ

NVIDIA Confidential • 2007

- 「今や世界は非常に多様であることが知られている。世界を一掴みし、じっくりと眺めるといつでも確認できる」
[Parables and Paradoxes.]

デコレートされたMUDを超えるもの

NVIDIA Confidential • 2007

- ビジョンは、当社の高帯域幅に依存する

2013年の計画は？

NVIDIA Confidential • 2007

- 2008年ほどではない？
- TVー持続可能な設計、再利用可能なコンポーネント、高品質入力(フィルム ネガ、HD テープデなど)
- 映画や市販のゲームとは異なり、TVは**発達し続ける**
 - CSI, ER, Lost, Heroes, Scooby Doo やスポーツ&ニュースなど
 - 視聴者は「次は何だ？」を知りたがっているので、追いかける

PCが重要な理由

NVIDIA Confidential • 2007

- ユビキタス
- マルチタスク
- オープン性
- 既にネットワーク化され、Appsのサポートを含めたオプションが満載
- ゲームとパッチを流動的にリリースするのが簡単で、認証が不要、など
- 長期のアップグレード パス
- 制限なし

GPUが重要な理由



- ユビキタス
- GPUは設計者に大きな絵の工具箱を与える
- 「利用できる光」
 - 「すべての光が使用可能」
- 長期のアップグレード パス
- 制限なし



NVIDIA Confidential • 2007

ウィル ライト



- 「PCは革新的なことを行おうとしたときに、摩擦が少ない環境である」

[Popular Science]2007年2月

NVIDIA Confidential • 2007

変化するGPUのエフェクト



NVIDIA Confidential • 2007

オンライン ゲーム: 2つのARPU戦略



- 利用料
 - プレーヤー/時間単位で一定の収入
- パーチャル グッズ
 - プレーヤー/時間ごとに変わる収入
 - 大抵は非常に少ないが、数人の中心的なプレーヤーは大金を払う
 - お試し用の安い料金が設定されているため、子供などに最適
- アプローチの組み合わせは希ではない

NVIDIA Confidential • 2007

アイテム: 機能か社会か



- 機能的アイテムはゲームのプレーに影響を与える
 - 「Simple Swordは無料.+2 Swordは1ドル。」
 - 機能アイテムはほとんどの場合、デベロッパが作成したもの
- 社会的アイテムは状況に応じたアイテムである
 - 「新しい帽子は3ドル」
 - ユーザが作成できる
 - 贈り物を忘れないように！

NVIDIA Confidential • 2007

パーチャル グッズとファッション



- 豪華アイテムは他人にひけらかすためであることが多いが、そうとも限らない
- 例: その時計は
 - 5000ドルのEbelか、または70ドルのFossilか?
 - 両方とも同じような時刻を示し、遠目からは同じように見える
 - これらの時計の購入者には、詳細な「実物証明書」などが付けられ、たとえ他人には分からなくても、自分の時計が特別なものであることを認識できる
 - 大事なのは、自分の時計に関する感情なのである

NVIDIA Confidential • 2007

ユーザ アップグレード: EVE Online



Borkil > 154fps ¥o/
 Ferris Chow > new SLI rig?
 Borkil > its not sli
 Borkil > well
 Borkil > its sli compatable
 Ferris Chow > sweet
 Borkil > and im running two clients
 Borkil > on one client i get...
 Ferris Chow > !!
 Borkil > wait for it...
 Borkil > TWO HUNDRED AND EIGHTY THREE
 FRAMES PER SECONG
 Borkil > SECOND*
 Ferris Chow > shazam
 Borkil > its just so much
 Borkil > im so used to 17 fps
 Borkil > i feel so dirty



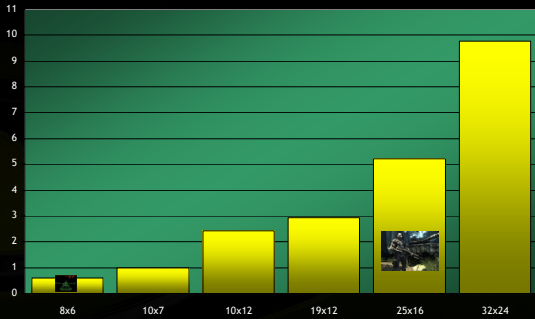
NVIDIA Confidential • 2007

Bob's Very Big TV



Galaxy N10
 - This rig got completely litig at prices
 in the market...
 - The system was built with a 1000W power supply
 - The system was built with a 1000W power supply

変化するフォーマット



NVIDIA Confidential • 2007

ビデオ



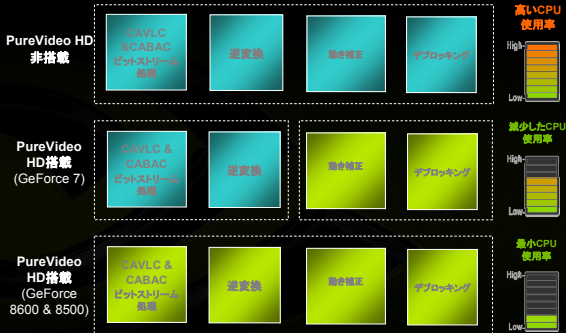
● Cyworld, YouTube, CNN, Sonyなどのアドバタイザードはどこも、ビデオやその他「従来の」メディアから得た経験をWebとオンライン上の全技術につぎ込んでいる。ゲーム機でさえも。



Audition ©2007 Nexon

NVIDIA Confidential • 2007

PureVideo HD H.264のデコード



NVIDIA Confidential • 2007

カテゴリー別世代



1. 固定機能
DirectX 3, 5, 6, および7
2. プログラマブル
DirectX 8, 9
3. 統合
DirectX 10+

パワフル

プログラマブル

スケーラブル

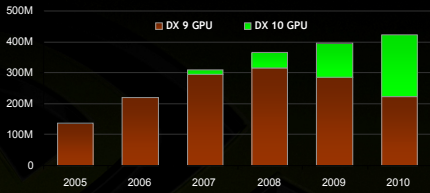
この、よくある三時代は、最高のフィーチャセットを低価格でユビキタスにするため「模索した」期間である

NVIDIA Confidential • 2007

DX9 / DX10の予測



GPUのインストール状況(2年以内)



GPU販売予測

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
GPU総売上高	112,070	153,463	189,753	197,103	208,540	216,631
DX 9	87,610	132,897	162,112	154,826	129,843	93,267
DX 10	0	0	883	13,558	35,082	76,221

NVIDIA Confidential • 2007
ソースデータ: Mercury Research, Gartner. Applied rates per. Desktop and Mobile.

プロセス技術の傾向



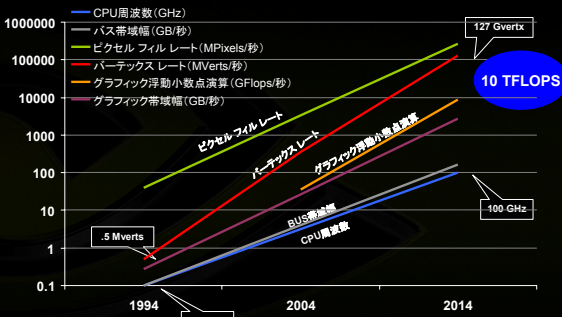
	プロセス技術	トランジスタ数
2002年	130nm	130M
2004年	90nm	271M
2006年	65nm	520M
2008年	45nm	1085M
2010年	32nm	2.1B
2014年(推定)	20nm	5.5B

NVIDIA Confidential • 2007

ダイ単位ベースで先を見据える



注) パフォーマンス向上 vs. 周波数のために、2005年に始まったマルチコアへのCPUの移行



NVIDIA Confidential • 2007

2004年のPCプラットフォーム



	1994	2004
CPU周波数 (GHz)	.1	3.2
メモリ周波数 (GHz)	.03	1.2
バス帯域幅 (GB/秒)	.1	4
ハードディスク サイズ (GB)	.5	200
ピクセル フィル レート (GPixels/秒)	.04	3.3
バーテックス レート (GVerts/秒)	.005	.36
グラフィック浮動小数点演算 (GFlops/秒)	.001	40
グラフィック帯域幅 (GB/秒)	.3	30
フレーム バッファ サイズ (MB)	2	256

NVIDIA Confidential • 2007

2014年に期待されるパフォーマンス



	1994年	2004年	2014年
CPU周波数 (GHz)	.1	3.2	100
メモリ周波数 (GHz)	.03	1.2	44
バス帯域幅 (GB/秒)	.1	4	160
ハードディスク サイズ (GB)	.5	200	30 TB
ピクセル フィル レート (GPixels/秒)	.40	3.3	270 GP
バーテックス レート (GVerts/秒)	.005	.36	127 GV
グラフィック浮動小数点演算 (GFlops/秒)	.001	40	10 TF
グラフィック帯域幅 (GB/秒)	.3	30	3 TB
フレーム バッファ サイズ (MB)	2	256	32 GB

NVIDIA Confidential • 2007

進化する素晴らしい技術



- キャラクターの進化
 - 皮膚
 - 衣類
 - 髪の毛
- 画像処理
 - アンシャープ マスキングしたデプス バッファ
 - 2Dアンビエント オクルージョン
- ローカル物理

NVIDIA Confidential • 2007

期待の新技术



- CUDA/Tesla
- 物理
- ジオメトリ エフェクト
- モーション ブラー
- 被写界深度
- 天候
- セキュリティ



GPU物理



- 煙
- 流体
- 爆発
- オンライン ゲーム向け GPUベースのサーバが既に存在する！



NVIDIA Confidential • 2007

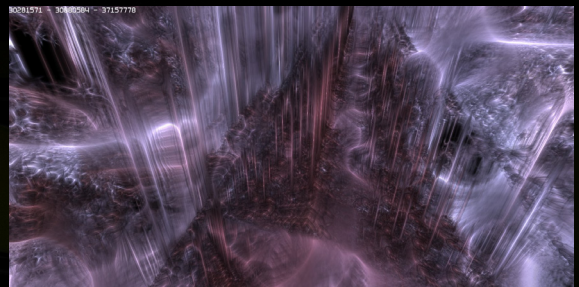
ローカル物理



©Havok

NVIDIA Confidential • 2007

インディ デベロッパが早くも活動



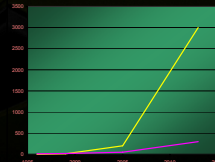
- Farrar Focus - インディ ゲームにグラフィック アート デベロッパが着手
- 小規模のアート チームがDirectX10 Expertiseを使用

NVIDIA Confidential • 2007

押し寄せるコンテンツ



- 昨年のゲーム フェスティバルでのEvan Hirschの話によれば、以下のとおりである
 - 1996年: 4MBのアートワーク、8~12人
 - 1999年: 10~15MBのアートワーク、15~20人
 - 2005年: 200+ MBのアートワーク、25~???人
- この傾向はどこへ向かうのか？
 - 2013年: 3~5GBのアートワーク、300+ 人?
- これで利益が出るのか？



NVIDIA Confidential • 2007

コンテンツ予算の制限



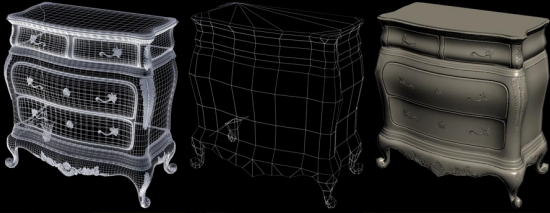
- 高度化を重ねると、これまで以上に厄介なnoodlingの危険性が浮上
- GPUおよびシェーディング エフェクトは解像度に応じてスペースを使用する
- ある意味、これらは「自由なアートワーク」である
- シェーディングを上手く行えば、低解像度のアセットの実用性と寿命を拡張できる
- .PSDファイルをキープ！！
- 有益な技術が利用可能に...

NVIDIA Confidential • 2007

高LODモデル



- 曲線を多くすればフレキシビリティが高くなる



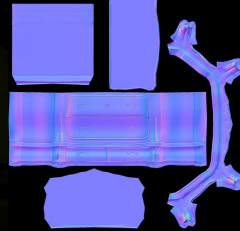
NVIDIA Confidential • 2007

高インタラクティブな技術



- Diogo Teixeira提供

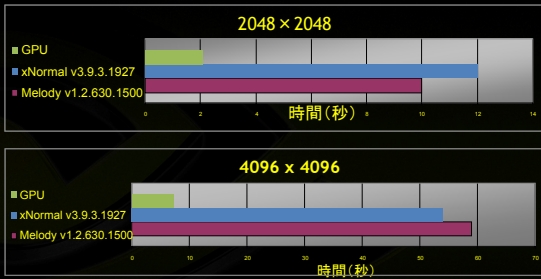
GPU Gems 3



Edited by Hubert Nguyen
Foreword by Kurt Akeley, Microsoft Research

NVIDIA Confidential • 2007

高解像度のマップ生成

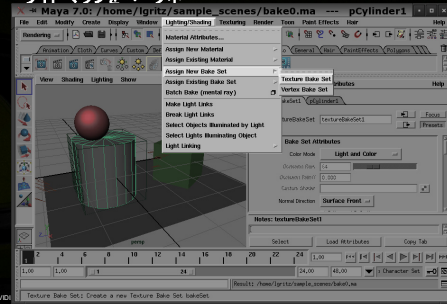


NVIDIA Confidential • 2007

高LODモデルのライティング



- Gelatoでは、照明機能が向上し、光をベークする
- 高速で反復構築するため、一部のスタジオでは現在、GPUでライトマップをベーク中



NVIDIA

美しさの重要性



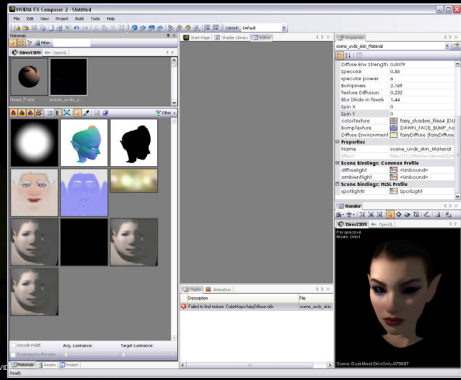
NVIDIA Confidential • 2007

皮膚



NVIDIA Confidential • 2007

従来のPixiesのための新しいトリック



「ゾンビライン」

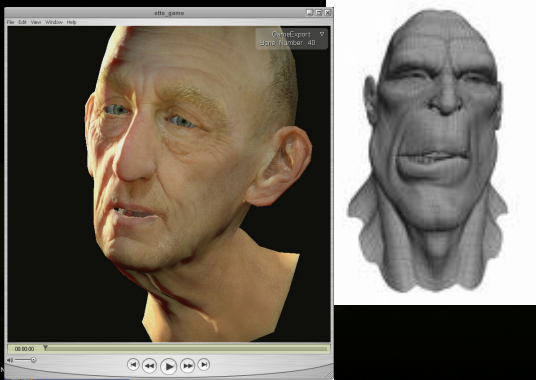


「無限のBlendshapes」SDKデモ:
自分のデスクトップでは85fps

表情の研究者が使用したアプローチ レート (Paul Ekman, その他)

NVIDIA Confidential • 2007

Softimage FaceRobot



戦術としてのリアリズム



NVIDIA Confidential • 2007

美しいもの



NVIDIA Confidential • 2007

髪の毛の研究



- Aki Rossの髪の毛は、ファイナルファンタジー(2001年)のすべてのコンピューティングリソースのうち最大25%を消費していた
- 幸いにも、髪の毛は平行である!



90

GPU駆動のヘア ジオメトリ



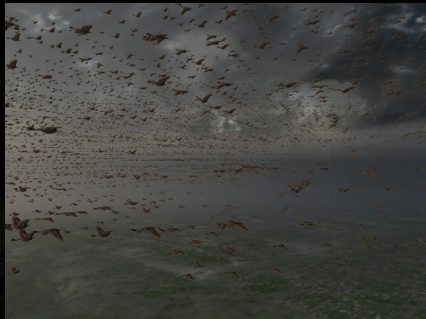
NVIDIA Confidential • 2007

True Imposters

- Eric Risser提供、University of Central Florida
GPU Gems 3で説明



「Cube」Impostors



NVIDIA Confidential • 2007

アセット++



- 多くのゲーム、特にオンライン ゲームは、最低限の仕様しかなく、制限されたアート リソースのみを読み込むことができた
- 高度なGPUシステムで使用可能な素晴らしい技術の一部は、アート アセット、特に、以下のようなテクスチャを追加する必要がある
 - 表面は金属製、あるいはプラスチックのようなもの？
 - その部分は光るか？
 - 表面のどの部分が燃える？

NVIDIA Confidential • 2007

フレキシブルなアート アセットの作成



- デベロッパはどのようにして、これらの素晴らしい技術を使用できるのか、ただし、以下を避ける
 - 高仕様システムのための余分なアート アセットと帯域幅
 - セキュリティが低く、高仕様のシステムの個別のアセット セットを2つ所有する
 - テクスチャがなくなった？
 - (現在のAPIでは最大8つ)

NVIDIA Confidential • 2007

ステガノグラフィー マップ



- 「ステガノグラフィー」とは「非表示の書き込み」を意味する
- これは一般的に電子透かし技術で使用され、複雑な暗号を含む
- 非常にシンプルで「低セキュリティ」のステガノグラフィーを使用すれば、追加したマスクを標準のテクスチャ マップに符号化できる

NVIDIA Confidential • 2007

「不可視」テクスチャ



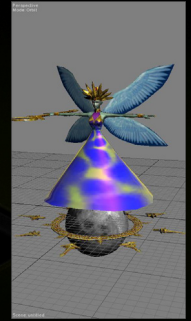
- ステガノグラフィー マスクを最低限のシステムで使用する場合、このマスクはレンダラーにとって完全に不可視となる
- 高仕様システムでは、これらの余分なマスクを抽出したり、使用することが簡単である

NVIDIA Confidential • 2007

例：メタル マスク



- このモデルのパーツの一部は金属であり、一部は金属ではない
- 両方とも同じテクスチャ マップを使用する。これにはアクティブR、G、B、およびAチャンネルがある
- 金属パーツは異なるシェーダーの別のメッシュとして処理され、不良バッチ処理動作の原因となる
- または、金属特性が完全にないままレンダリングのみが行われる

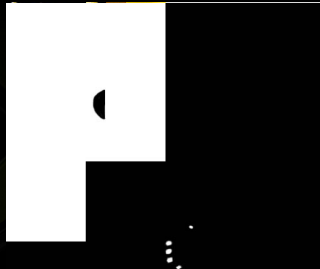


NVIDIA Confidential • 2007

メタル マスクの追加



- マスクは金属エリアを示すことができる
- 別のテクスチャは追加したくない
- Alphaはすでに使用した
- 解決するにはステガノグラフィー！



NVIDIA Confidential • 2007

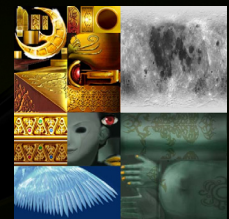
ステガノグラフィー テクスチャ



- 両方のマップとも同じように見える
- 右のマップには「非表示」のマスクが含まれている



オリジナル



ステガノグラフィー

NVIDIA Confidential • 2007

マスクはどこに？



- マスクは基本的には1ビットなので、8ビット チャンネルの最下位ビット(LSB)で非表示にできる
 - この場合、Redチャンネルで非表示にした
 - マスクを抽出するCgコードは、簡単な整数演算である
- ```
float4 C = tex2D(colorMap,uvCoordinates);
int r255 = (int)(C.r * 255.0);
int rc = (r255-1)/2;
int r254 = rc*2;
float mask = (float)(r255-r254);
```
- マスクを使用していないシェーダーは単にマスクを無視する！

NVIDIA Confidential • 2007

## Photoshop™でのマスクの符号化



- ステガノグラフィー マスクはAdobe Photoshopで簡単に作成できる
- ステップを単一のPhotoshop動作として使用する、またはPhotoshop Javascriptsで使用する
- 始めに、メタル マップ用に追加されたチャンネルのある標準テクスチャ マップから開始する



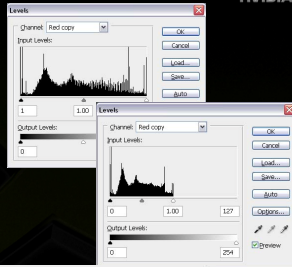
NVIDIA Confidential • 2007



## Red LSBをゼロに設定



- Redチャンネルを複製する
- コピー上:
  - 「Adjust → Levels」:  
1 1 255  
0 127
  - 「Adjust → Levels」:  
0 1 127  
0 254
- 結果: 「尖った」ヒストグラム
  - 偶数値のみ

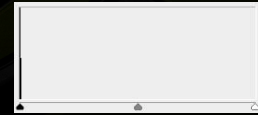
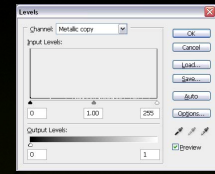


NVIDIA Confidential • 2007

## 1ビットマスクの作成



- マスクチャンネルを複製する
- コピー上:
  - 「Adjust → Levels」:  
0 1 255  
0 1
- 結果はBlackのようになった
  - ただし、実際のレベルのデータ=1

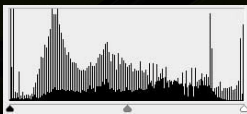
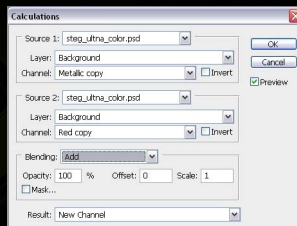


NVIDIA Confidential • 2007

## 画像の合成



- 「Image → Calculations...」
- 両方の複製を追加する
  - 「New Channel」
- 結果:
  - 「Alpha 1」
    - 必要に応じて名前を変更
  - 新しいヒストグラム

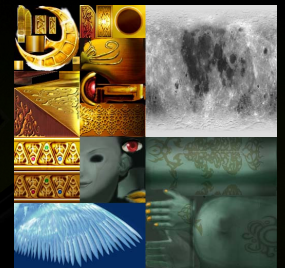


NVIDIA Confidential • 2007

## Redマスクの再統合



- 「Alpha 1」チャンネルを選択
- 「Edit → Select A」(Ctrl-A)
- 「Edit → Copy」(Ctrl-C)
- 「Red」チャンネルを選択
- 「Edit → Paste」(Ctrl-P)
- 完了!
  - RGBを表示する
  - 必要に応じて「work」チャンネルを削除する

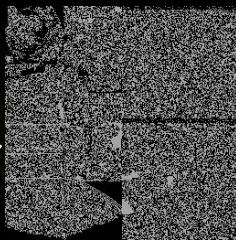


NVIDIA Confidential • 2007

## フィルタリング



- フィルタリング(補間)したダウンサンプリングは、抽出した値をダメにする?
- はい!(しまった!)
- しかし、1つのテクスチャに次の2つのサンプラーを使用できる
  - フィルタリングされたカラー サンプル
  - 「Nearest neighbor」マスク サンプル
- 最適なのは、ステガノグラフィー挿入の前にMIPマップを作成する
  - ダウンサイド: MIPされていないファイルよりも大きなファイル
  - アップサイド: 高品質



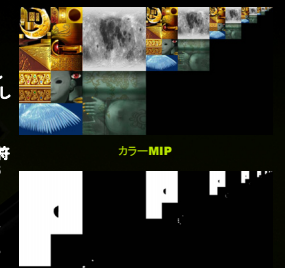
失敗!

NVIDIA Confidential • 2007

## Mipsterの使用



- NVIDIA MipsterスクリプトはRGBとマスクMIPチェーン両方を作成可能
- 個別にマスクMIPを構築し、フラット化してから、新しいチャンネルとしてフラット化したカラー-MIPに追加する
- 以前と同様に、ステガノグラフィー的に符号化し、「Use Existing MIPs」でDDS形式で保存する
- MIPされた結果は、レンダリング時に有効なステガノグラフィーの間に補間する



メタル マスクMIP

NVIDIA Confidential • 2007

## テクスチャ解像度の向上



- ディスプレイが大きくなるにつれ、ポリゴンはアンチエイリアシングされているのでより「鮮明」になる
- マイナスの副作用: 大きくレンダリングしたときに、テクスチャが崩れる
- 代替案: テクスチャを以前と同じ大きさの10xまたは20xにする
- あるいは...



NVIDIA Confidential • 2007

## エイリアシングをノイズに交換



NVIDIA Confidential • 2007

## ノイズをテクスチャに追加する方法



- UV座標の場合:
- `float2 noisy;`  
`float2 newUV;`  
`float4 texColor;`  
`noisy = tex2D(noiseSampler,UV).xy;`  
`noisy = Scale * (noisy-float2(0.5, 0.5));`  
`newUV = UV + noisy;`  
`texColor = tex2D(colorSampler,newUV);`

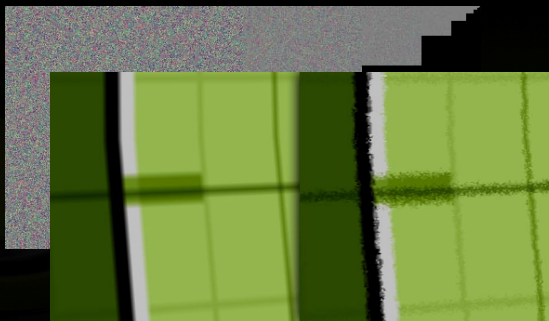
NVIDIA Confidential • 2007

## ノイズ テクスチャの作成



NVIDIA Confidential • 2007

## MIPLレベルの高度処理

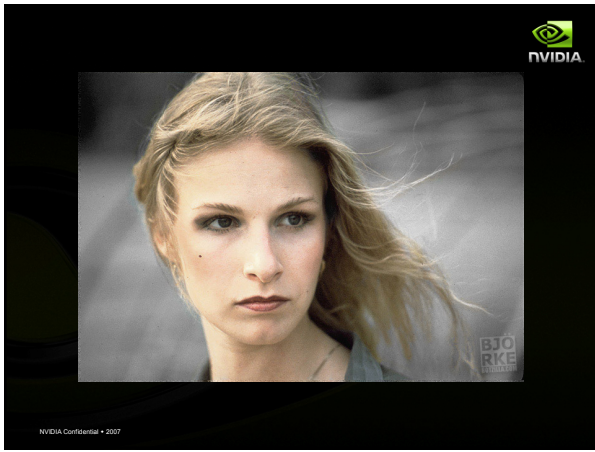


NVIDIA Confidential • 2007

## 低解像度JPGの拡張



NVIDIA Confidential • 2007



### 画像処理

● 既存の3Dパイプラインに移動する画像処理を追加すると、基本的なフレームワークを変更することなく画像に複雑さと深みを加えることができる

● 例:

- 輝き
- 柔らかさ
- モーション ブラー
- カラー スタイリング「タイミング」
- レンズの歪み

NVIDIA Confidential • 2007

### デプス マスク処理

Character © Graphic Factory

NVIDIA Confidential • 2007

### デプス マスクのブラー

NVIDIA Confidential • 2007

### ブラー vs デプス

NVIDIA Confidential • 2007

### 合成

NVIDIA Confidential • 2007



## 結果



「デプス バッファのアンシャープ マスキングによる画像拡大」  
Thomas Luft, Carsten Colditz, Oliver Deussen, University of Konstanz



[http://graphics.uni-konstanz.de/publikationen/2006/unsharp\\_masking/Luft%20et%20al.%20-%20image%20enhancement%20by%20unsharp%20masking%20the%20depth%20buffer.pdf](http://graphics.uni-konstanz.de/publikationen/2006/unsharp_masking/Luft%20et%20al.%20-%20image%20enhancement%20by%20unsharp%20masking%20the%20depth%20buffer.pdf)

NVIDIA Confidential • 2007

## 「フェイク」なアンビエント オクルージョン



<http://www.cs.utexas.edu/users/perumaall/>

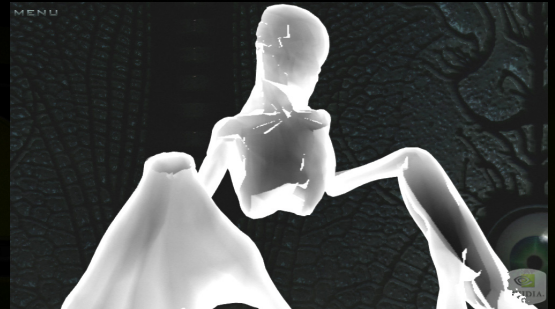
NVIDIA Confidential • 2007

## 「Luna」における画像処理



NVIDIA Confidential • 2007

## 前面/背面



NVIDIA Confidential • 2007

## ブラーし、カラー ランプを適用する



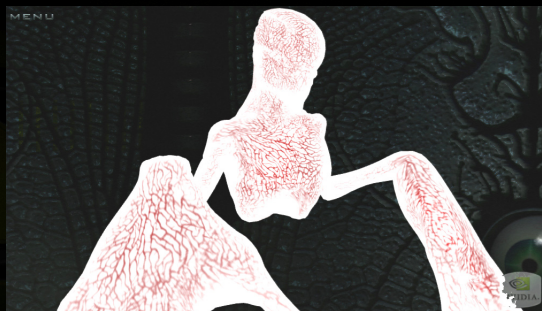
NVIDIA Confidential • 2007

## スケルトンをレンダリングし、ブラーする



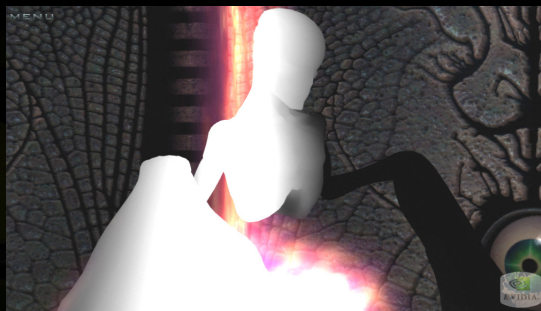
NVIDIA Confidential • 2007

### (N+V)に対して血管をフェードする



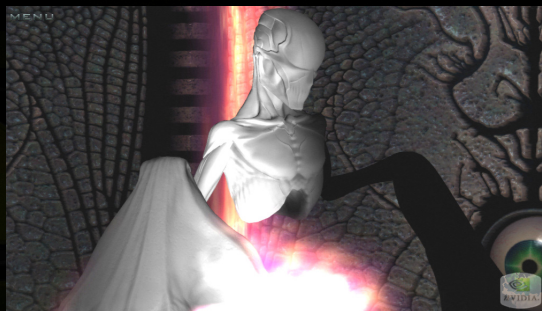
NVIDIA Confidential • 2007

### 2D法線の背景光



NVIDIA Confidential • 2007

### パンプあり



NVIDIA Confidential • 2007

### エレメントを合成



NVIDIA Confidential • 2007

### オリジナル キャラクター



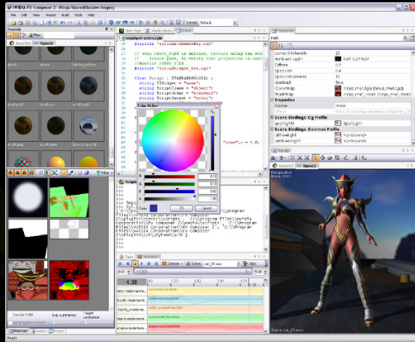
NVIDIA Confidential • 2007

### 半透明性を追加



NVIDIA Confidential • 2007

## 先進的なツール



NVIDIA Confidential • 2007

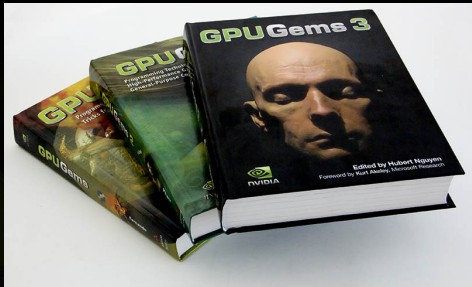
## アブラハム マズロー:



● 「あなたがわざと自分の能力以下の存在であろうとすれば、あなたの残りの人生はずっと不幸であろう」

NVIDIA Confidential • 2007

## リソース



- <http://developer.nvidia.com/forums/>
- [kbjorke@nvidia.com](mailto:kbjorke@nvidia.com)

NVIDIA Confidential • 2007